

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2014/2015

**AVALIAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS DA REDUÇÃO DE PERDAS
APARENTES EM SISTEMAS PÚBLICOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Por Substituição do Parque de Contadores e Detecção e Controlo de Consumos Ilícitos

CATARINA CORDEIRO JORGE FERREIRA ALVES

Dissertação submetida para obtenção do grau de
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Cidália Maria de Sousa Botelho

(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da
Universidade do Porto)

Orientador académico: Joaquim Manuel Veloso Poças Martins

(Professor Associado com Agregação do Departamento de Engenharia Civil da
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Co-orientador: Filipe Pires de Lima

(Engenheiro Responsável da Direção de Água de Abastecimento da Águas e Parque Biológico
de Gaia, E.M., S.A.)

Julho de 2015

À minha família, aos meus amigos e ao Sérgio

*Pretending to know everything closes the door
to finding out what's really there.*

Neil DeGrasse Tyson

Avaliação de Custos e Benefícios do Controlo de Perdas Aparentes em Sistemas Públicos de Abastecimento de Água Por Substituição do Parque de Contadores e Detecção e Controlo de Consumos Ilícitos

AGRADECIMENTOS

A concretização desta dissertação só foi possível com o apoio fundamental de diversas pessoas, cujo contributo permitiu que este objetivo fosse conseguido e às quais gostaria de deixar uma palavra de gratidão e apreço:

Em primeiro lugar, aos meus pais, que sempre me apoiaram em todo o tipo de decisões tomadas, se asseguraram que teria as ferramentas necessárias para perseguir os meus sonhos e me incentivaram a ser sempre mais e melhor. Ao meu irmão Pedro Alves, pelo orgulho demonstrado e encorajamento. Um agradecimento especial à minha avó Júlia Resende Alves que apesar de não ter assistido à conclusão dos meus estudos, ficaria certamente muito orgulhosa por me ver terminar o curso e que serviu sempre como exemplo de empenho e determinação para mim nos momentos mais difíceis.

Aos meus amigos que sempre me acompanharam neste percurso cheio de altos e baixos.

Um agradecimento especial ao Sérgio Moreira, pelo apoio incondicional, pelas palavras de força e incentivo e por acreditar sempre em mim.

À Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP) e ao Professor Doutor Joaquim Manuel Veloso Poças Martins, pelo desafio proposto, pelo acompanhamento e orientação no desenvolvimento desta dissertação e por todos os conselhos transmitidos.

Ao Engenheiro Pires de Lima pelo acompanhamento ao longo da dissertação, esclarecimento de dúvidas, transmissão de conhecimentos tanto a nível pessoal como profissional e cujo apoio foi crucial para uma melhor compreensão de um sistema de abastecimento de água.

À administração da Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A. e ao por me ter concedido a oportunidade de desenvolver a presente dissertação em ambiente empresarial e ao Eng.º José António Martins, Diretor da Secção de Abastecimento de Água, pela atenção demonstrada.

Ao Doutor José Cláudio, uma das pessoas que mais contribuiu para a concretização desta dissertação. Agradeço pela disponibilidade, partilha de informação e transmissão de conhecimentos informáticos, nomeadamente, relativos ao ArcGIS.

Aos colaboradores da Empresa, em especial, ao Jorge Silva, ao Paulo Oliveira, ao Flávio Oliveira e ao João Gomes, pela forma prestável como se disponibilizaram para ajudar na minha integração e pelo bom ambiente proporcionado.

À minha companheira de estágio, Ana Gouveia, por toda a compreensão e ajuda demonstradas e a quem desejo as maiores felicidades.

RESUMO

Sendo uma das principais causas para a ineficiência de um sistema de abastecimento, as perdas de água podem ser de origens distintas: reais ou aparentes, esta última o principal foco desta dissertação e cujo impacto económico para as entidades gestoras tem vindo a ser negligenciado. A dissertação desenvolvida teve como principal objetivo a substituição do parque de contadores e a deteção e controlo de consumos ilícitos como meio de redução das perdas aparentes em sistemas de abastecimento de água.

Para tal, consideraram-se em primeiro lugar duas zonas de medição e controlo pertencentes à rede da Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A. e verificaram-se, com recurso ao *software ArcGis* os volumes mensais de água aduzidos a cada, com o intuito de detetar possíveis consumos elevados que pudessem indiciar fugas na rede. Posteriormente, estimaram-se os balanços hídricos mensais para cada zona, por forma a ter uma noção do valor das perdas de água, nomeadamente, das perdas aparentes.

De seguida, conhecido o parque de contadores de cada zona, dividiram-se por classes os consumos médios mensais faturados dos últimos anos de cada contador e determinaram-se, a partir da data de instalação, a idade daquelas cujo consumo foi considerado anómalo. Terminado este estudo procedeu-se à análise de custos e benefícios da substituição dos contadores em fim de vida e o seu impacto no balanço hídrico da Empresa, nomeadamente, na redução das perdas aparentes.

Numa segunda abordagem, através dos consumos médios mensais estimados, selecionaram-se os nulos ou muito reduzidos com o objetivo de se detetar consumos anómalos. Detetados 7 casos de clientes fraudulentos que vinham a consumir água de forma ilícita, analisaram-se as últimas leituras registadas do seu contador. Terminada a análise de custos e benefícios da adoção desta metodologia, provou-se que esta deve ser aplicada de forma sistemática e articulada e que os resultados a médio e longo prazo serão consideráveis. Espera-se assim que a divulgação junto dos clientes da existência de medidas de deteção de ilícitos atue como um elemento dissuasor para utilizadores com predisposição para cometer ilícitos.

De salientar que ambas as medidas estudadas são de simples implementação e sem custos representativos para a Empresa. Assim, é possível rentabilizar e otimizar as visitas efetuadas às redes prediais, aumentando a taxa de sucesso.

PALAVRAS-CHAVE: perdas aparentes, água não faturada, análise de custos e benefícios, balanço hídrico, sistema de abastecimento de água, parque de contadores, consumos ilícitos.

ABSTRAT

As one of the main causes for inefficiency in a supply system, water loss can have different origins: real or apparent. This last one is the main focus of this dissertation and its economic impact for the management entities is being neglected. The main goal of this dissertation is the replacement of the water meters and the detection and control of illegal consumption to reduce apparent loss in water supply systems.

To do so, first we considered two zones for measure and control which belong to Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A. network. Using the *software ArcGis*, we measured the monthly water volume adduced to each zone, in order to detect higher consumption that could indicate leaks in the network.

Next and after knowing all the water meters in each zone, we divided by classes the average monthly consumption invoiced in the last years of each water meter and we estimated, through the installation date, the age of the ones with an abnormal consumption. Once we finished this study we analyzed costs and benefits of replacing the old water meters and its impact on the company's water balance.

On a second approach, through the average monthly consumption estimated, we pick up the ones with abnormally high or low consumption. We covered 7 different cases of dishonest and we analysed the last readings on their water meters. After finishing the analysis of the costs and benefits of this method, we proved this should be applied consistently and the medium and long term results are something to be considered. We hope that advertising measures to detect dishonest usage will help reduce it.

We would like to point out that this measures are simple to implement and have little significant costs to the company. This way it is possible to optimize visits to households and improve the success rate.

KEYWORDS: apparent losses, non-revenue water, cost/benefit relations, water balance, water supply system, water meters, unauthorized consumption.

ÍNDICE GERAL

RESUMO.....	iii
ABSTRAT	v
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	2
2. ESTADO DE ARTE	5
2.1 INTRODUÇÃO AO TEMA.....	5
2.1.1 ESTADO DO SETOR DAS ÁGUAS EM PORTUGAL	5
2.1.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.....	7
2.1.3 MODELOS DE GESTÃO.....	11
2.1.4 SUSTENTABILIDADE DO SETOR DAS ÁGUAS	13
2.1.5 IMPACTES DAS PERDAS DE ÁGUA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SETOR DAS ÁGUAS	14
2.2 PROGRAMA NACIONAL PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA	14
2.3 CONCLUSÃO DO ESTADO DE ARTE	16
3. ÂMBITO E OBJETIVOS.....	19
3.1. ÂMBITO	19
3.2. OBJETIVOS.....	20
4. PERDAS DE ÁGUA NA EMPRESA ÁGUAS E PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA E.M., S.A.	21
4.1. ÁGUAS E PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA, E.M., S.A.	21
4.1.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....	21
4.1.2 DESCRIÇÃO DAS ZMC	22
4.1.3 TELEGESTÃO	24
4.1.4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA	29
4.1.5 BALANÇO HÍDRICO	34
4.1.6 ÁGUA NÃO FATURADA	47
4.1.7 RESULTADOS OBTIDOS	48
4.2 PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO.....	49

4.2.1 CONCEITO DE NÍVEL ECONÓMICO DE PERDAS.....	50
4.3 DEFINIÇÃO DE PERDAS REAIS	51
4.3.1 MEDIDAS DE CONTROLO DAS PERDAS REAIS.....	52
4.4 DEFINIÇÃO DE PERDAS APARENTES.....	53
4.4.1 ERROS DE MEDIÇÃO	54
4.4.1.1 REDUÇÃO DOS ERROS DE MEDIÇÃO.....	56
4.4.2 ERROS INFORMÁTICOS	57
4.4.2.1 REDUÇÃO DOS ERROS INFORMÁTICOS	58
4.4.3 ERROS HUMANOS	58
4.4.3.1 REDUÇÃO DOS ERROS HUMANOS	60
4.4.4 CONSUMOS NÃO AUTORIZADOS.....	60
4.4.4.1 TIPOS DE CONSUMOS NÃO AUTORIZADOS.....	61
4.4.4.2 REDUÇÃO DO CONSUMO NÃO AUTORIZADO.....	64
4.5 CONCEITO DE CONTRAORDENAÇÃO	66
4.6 MEDIDAS DE CONTROLO DAS PERDAS APARENTES.....	68
5. AVALIAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS DO CONTROLO DE PERDAS APARENTES	69
5.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO DE CONTADORES DA ÁGUA.....	69
5.2 AVALIAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS DA SUBSTITUIÇÃO DE CONTADORES DA ÁGUA.....	72
5.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO DA DETEÇÃO E CONTROLO DE CONSUMOS ILÍCITOS	76
5.4 AVALIAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS DA DETEÇÃO E CONTROLO DE ILÍCITOS.....	87
5.5 SÍNTESE DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	88
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	91
6.1 CONCLUSÕES.....	91
6.2 RECOMENDAÇÕES.....	92
BIBLIOGRAFIA	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 - Conjunto de critérios nos quais assenta o direito humano ao acesso a água potável e saneamento.....	6
Figura 2. 2 Componentes de um sistema de abastecimento de água típico.....	8
Figura 2. 3 Descrição de cada constituinte de um típico SAA	8
Figura 2. 4 - Exemplificação gráfica de uma rede ramificada (à esquerda) e de uma rede emalhada (à direita).....	11
Figura 2. 5 - Principais características dos modelos de gestão do sector das águas atualmente existentes em Portugal	12
Figura 2. 6 - O papel do Estado Português na gestão dos serviços públicos de abastecimento de água.....	13
Figura 2. 7 - O verdadeiro preço da água	13
Figura 2. 8 - Impactes das perdas de água num sistema de abastecimento	14
Figura 2. 9 - Principais motivos para uma utilização responsável da água.....	15
Figura 4. 1 – Mapa da rede de distribuição de água de Vila Nova de Gaia	22
Figura 4. 2 - Identificação das ZMC estudadas nesta dissertação.	24
Figura 4. 3 - Evolução do volume médio diário aduzido às ZMC ao longo de um ano.	26
Figura 4. 4 - Evolução do volume médio diário aduzido às ZMC ao longo de um mês.	27
Figura 4. 5 - Evolução do volume médio diário aduzido às ZMC ao longo de uma semana.....	27
Figura 4. 6 - Evolução do volume de água aduzido às ZMC ao longo de um dia.	28
Figura 4. 7 - Sistema de telegestão da Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A.	29
Figura 4. 8 - Mapa de Vila Nova de Gaia.	30
Figura 4. 9 - Programa infraestruturas criado pela empresa.	31
Figura 4. 10 - Representação dos volumes de água aduzidos a cada ZMC nos meses de Janeiro de 2013, 2014 e 2015.....	32
Figura 4. 11 - Representação dos volumes de água aduzidos a cada ZMC nos meses de Fevereiro de 2013, 2014 e 2015.	33
Figura 4. 12 - Representação dos volumes de água aduzidos a cada ZMC nos meses de Março de 2013, 2014 e 2015.	34
Figura 4. 13 - Evolução da ANF da Empresa.....	47
Figura 4. 14 - Evolução da percentagem de ANF na R3Z1.....	48
Figura 4. 15 - Evolução da percentagem de ANF na R3Z2.....	48
Figura 4. 16 - Questões a considerar sobre a água não faturada.	50
Figura 4. 17 - Componentes a serem considerados numa análise de custos e benefícios.	51
Figura 4. 18 - Simulação de uma fuga de água no sistema de abastecimento da Vila Nova de Gaia.....	52

Figura 4. 19 - Metodologia de controlo das perdas reais (Adaptado de (Farley, Wyeth, Ghazali, Istandar, & Singh, 2008)).	53
Figura 4. 20 - Exemplo do fenómeno de colmatção de um contador. (Águas de Gaia, 2015)	55
Figura 4. 21 - Laboratório certificado para reparação e manutenção de contadores da rede. (Águas de Gaia, 2015)	57
Figura 4. 22 - Representação esquemática de uma ligação do tipo “bypass” (Lédo, 1999).	62
Figura 4. 23 - Representação esquemática de uma ligação direta (Lédo, 1999).	62
Figura 4. 24 - Representação esquemática de uma derivação de ramal (Lédo, 1999).	63
Figura 4. 25 - Contador violado com furo da cúpula (Águas de Gaia, 2015)	64
Figura 4. 26 - Tramitação do processo de contraordenação.	67
Figura 5. 1 - Percentagem de contadores por classe de consumo médio faturado da R3Z1.	70
Figura 5. 2 - Percentagem de contadores, por classes de faturação, a atingir o fim de vida na R3Z1.	71
Figura 5. 3 - Percentagem de contadores por classe de consumo médio faturado da R3Z2.	71
Figura 5. 4 - Percentagem de contadores, por classes de faturação, a atingir o fim de vida na R3Z2.	72
Figura 5. 5 - Sub-faturação versus Custos de substituição sistemática de contadores.	74
Figura 5. 6 - Evolução do número de ilícitos detetados desde janeiro até abril de 2015.	77
Figura 5. 7 - Representação do consumo cumulativo do cliente I.	79
Figura 5. 8 - Representação do consumo cumulativo do cliente II.	80
Figura 5. 9 - Representação do consumo cumulativo do cliente III.	81
Figura 5. 10 - Representação do consumo cumulativo do cliente IV.	83
Figura 5. 11 - Representação do consumo cumulativo do cliente V.	84
Figura 5. 12 - Representação do consumo cumulativo do cliente VI.	85
Figura 5. 13 - Representação do consumo cumulativo do cliente VII.	86

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2. 1 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de configurações de uma rede de distribuição de água.	10
Tabela 4. 1 - Balanço Hídrico de 2014 elaborado pela Empresa.	36
Tabela 4. 2 - Balanços Hídricos mensais obtidos para a R3Z1.	37
Tabela 4. 3 - Balanços Hídricos mensais obtidos para a R3Z2.	38
Tabela 5. 1 - Descrição do parque de contadores de cada ZMC.	69
Tabela 5. 2 - Custos da substituição do parque de contadores.	73
Tabela 5. 3 - Volume estimado de água perdido por erros de medição.	73
Tabela 5. 4 - Volume total de água e montante poupado com a substituição do parque de contadores.	73
Tabela 5. 5 - Tarifário aplicado pela Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M.,S.A.	78
Tabela 5. 6 - Impactes do ilícito I na EG.	80
Tabela 5. 7 - Impactes do ilícito II na EG.	81
Tabela 5. 8 - Impactes do ilícito III na EG.	82
Tabela 5. 9 - Impactes do ilícito IV na EG.	83
Tabela 5. 10 - Impactes do ilícito V na EG.	84
Tabela 5. 11 - Impactes do ilícito VI na EG.	85
Tabela 5. 12 - Impactes do ilícito VII na EG.	86
Tabela 5. 13 - Custos totais e benefícios da deteção e controlo dos consumos ilícitos.	87

ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

AdP – Águas de Portugal

ALI - Apparent Loss Index

CAP – Controlo Ativo de Perdas

EG – Entidade Gestora

EMA – Erro Máximo Admissível

ETA – Estação de Tratamento de Água

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Água e Resíduos

ESRI – Environmental Systems Research Institute

Fig. – Figura

IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos

IWA – International Water Association

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NEP – Nível Económico de Perdas

NEPa – Nível Económico de Perdas Aparentes

NEPr – Nível Económico de Perdas Reais

PDA - Personal Digital Assistant

PEAASAR - Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais

PNUEA – Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água

R3 – Reservatório nº3, de Perosinho

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

SIEG – Serviços de Interesse Económico Geral

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

UFR - Unmeasured-Flow Reducer

VRP – Válvula Redutora de Pressão

ZMC – Zonas de Medição e Controlo

INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

Apesar de existir em abundância no nosso planeta, o acesso a água potável tem vindo a tornar-se uma preocupação das sociedades atuais. O desenvolvimento a que se assiste de grandes cidades torna mais difícil a distribuição da água por parte das Entidades Gestoras responsáveis pela distribuição da mesma.

A chave está na criação de um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) capaz de fazer face às necessidades de consumo atuais de uma dada população, conseguindo que a água chegue até esta a um preço reduzido. As constantes alterações nos planos e gastos com infraestruturas conduzem a um aumento do preço da água pelo que é imperioso que as Entidades Gestoras atuem de forma a minimizarem as suas despesas obtendo-se, desta forma, um equilíbrio de contas. Atuando nesta componente do SAA, consegue-se uma redução da fatura da água que é comprada pela EG a um determinado preço e vendida, posteriormente, a um mais elevado. No entanto, o principal problema de um SAA reside no facto de nem toda a água adquirida ser faturada.

De forma a reduzir a necessidade de compra de água, uma EG pode atuar a nível das perdas, as principais componentes da água não faturada. Estas dividem-se em reais e aparentes, sendo o combate a estas últimas o principal tema desta dissertação pois, apesar de representarem um volume inferior relativamente às perdas reais, em termos económicos são mais significativas, uma vez que a sua valorização é feita ao preço de venda da água que é cerca de cinco vezes superior ao custo por metro cúbico das perdas reais. Assim sendo, no caso das perdas aparentes o desenvolvimento de metodologias adequadas, que geralmente não requerem um elevado investimento por parte das EG podem levar a uma redução significativa do impacte económico que estas implicam.

As perdas aparentes podem ser tanto responsabilidade da EG (erros de medição, erros informáticos e erros humanos) como dos clientes (consumo não autorizado), sendo este último o principal enfoque da presente dissertação, pois apesar de não ser um tema muito desenvolvido na bibliografia, representa um impacte significativo a nível social, técnico, financeiro e ambiental no funcionamento da EG e consequentemente na satisfação dos clientes.

Contudo, a verificação da existência de um consumo não autorizado resume-se atualmente à inspeção da rede predial, para que possam ser detetadas situações de ligações ilícitas, religações não autorizadas, adulteração dos contadores ou de utilização fraudulenta de hidrantes. No entanto, uma correta análise integrada do historial dos utilizadores e da evolução do comportamento de consumo destes, constitui outra forma de combate à redução dos consumos não autorizados. Desta análise resulta um conhecimento mais aprofundado da evolução futura do consumo dos clientes, o que constitui ainda uma vantagem no que ao dimensionamento da rede diz respeito.

A identificação de consumos anómalos que indiciam uma fraude e que devem, portanto, ser devidamente investigados, passa pela verificação da existência de consumos de água nulos ou muito baixos de uma dada instalação, situação por vezes descorada pelas EG pode indiciar uma fraude por parte do cliente.

Sendo uma realidade bastante presente em Portugal, o consumo ilícito de água deve ser analisado mesmo após a suspensão do fornecimento, e não se efetuar apenas revisões da suspensão do fornecimento de água. De forma a se conseguir uma redução deste tipo de ilícitos, dever-se-ia considerar a criação de bases de dados que emitam alertas, em caso de consumo ilícito de água após o corte efetivo do fornecimento.

O grande objetivo deste trabalho é, como o próprio título indica, a avaliação de custos e benefícios do controlo de perdas aparentes em sistemas públicos de abastecimento de água aplicada ao caso da Empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, EM, SA. Contudo, analisar-se-á apenas uma zona do SSA de Vila Nova de Gaia, que por sua vez possui duas Zonas de Medição e Controlo, abastecidas ambas pelo reservatório 3, de Perosinho.

Ao longo da dissertação serão abordadas inúmeras questões relativamente à ANF, como qual a importância do seu combate no balanço hídrico da EG. Outro dos objetivos complementares foi a descrição dos diversos componentes das perdas aparentes e quais as grandes vantagens dos sistemas de telegestão no combate às mesmas.

Relativamente à subcontagem de contadores, outra componente das perdas aparentes, importa saber quais as vantagens em investir na substituição dos mesmos.

Analisada a importância deste tema na mecânica dos Sistemas de Abastecimento de Água, parte-se agora para uma pequena descrição da organização deste trabalho.

1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Com a presente dissertação pretende-se estimar os custos e benefícios da substituição de contadores em fim de vida, bem como da deteção e controlo de consumos ilícitos como metodologia para a redução das perdas aparentes de um SAA. Desta feita, começou-se por fazer uma contextualização do tema através do estado da arte. De seguida, procedeu-se à análise do caso de estudo e por fim retiraram-se as conclusões do mesmo.

• **Capítulo 1 - Introdução**

Neste capítulo é feita a apresentação do problema, da sua relevância na redução das perdas aparentes num SAA e da organização da dissertação.

• **Capítulo 2 – Estado da Arte**

No segundo capítulo é apresentada a recolha bibliográfica efetuada nesta dissertação.

Em primeiro lugar é feita uma breve apresentação do estado do sector da água e de um típico sistema de abastecimento em Portugal.

De seguida, fez-se uma caracterização dos diferentes modelos de gestão atualmente existentes no nosso país bem como se abordou a temática da sustentabilidade do sector e dos impactes que as perdas de água têm para o desenvolvimento dessa sustentabilidade.

Por fim fez-se uma revisão bibliográfica do Plano Nacional para o Uso Eficiente da Água e apresentou-se uma conclusão do estado da arte que salienta os pontos mais importantes da recolha bibliográfica.

• **Capítulo 3 – Âmbito e Objetivos**

Neste capítulo destacaram-se os fatores identificados como pertinentes, no período de tempo disponível para a realização da dissertação em ambiente empresarial e apresentaram-se os objetivos a atingir com este estudo.

• **Capítulo 4 – Perdas de água na empresa Águas e Parque Biológico de Gaia E.M., S.A.**

Neste capítulo foi efetuada, em primeiro lugar, uma descrição da empresa Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M.,S.A. onde foi concretizada a presente dissertação bem como das ZMC estudadas. De seguida, abordaram-se as potencialidades dos sistemas de telemetria e telegestão numa EG bem como do sistema de informação geográfica.

Posteriormente apresentaram-se os balanços hídricos mensais elaborados para cada ZMC e introduziu-se a problemática das perdas de água, seguida das descrições de cada tipologia, com foco nas perdas aparentes.

• **Capítulo 5 – Avaliação de custos e benefícios do controlo de perdas aparentes**

Neste capítulo apresentaram-se os resultados do estudo da substituição de contadores da água e da deteção e controlo de consumos ilícitos.

• **Capítulo 6 – Conclusões e Recomendações**

No último capítulo, foram descritas as principais conclusões do estudo, concretizado com esta dissertação e apresentaram-se possíveis recomendações para eventuais trabalhos futuros efetuados nesta área.

2

ESTADO DE ARTE

2.1 INTRODUÇÃO AO TEMA

2.1.1 ESTADO DO SETOR DAS ÁGUAS EM PORTUGAL

Face ao crescimento populacional a que se assistiu no último século, em simultâneo com a aglomeração das atividades económicas e a melhoria da qualidade de vida, tornou-se imperativo a procura de novas soluções de abastecimento de água de forma a responder às necessidades atuais da sociedade.

Com o aumento da procura de água, as origens desta com qualidade adequada para consumo humano tornaram-se cada vez mais difíceis de aceder. Outra problemática a considerar é a sazonalidade da sua oferta, uma vez que a procura deste recurso é maior nos meses de verão, precisamente quando este é mais escasso (Martins, 2007).

A combinação de todos estes fatores culminou assim num aumento dos custos com o serviço de abastecimento de água, pelo que se tornou claro ser imprescindível seguir uma orientação estratégica de gestão da mesma, no lado também da procura. O aumento da oferta de água não demonstra ser uma estratégia sustentável a longo prazo, em particular no que se refere a um recurso com qualidade para consumo humano (Martins, 2007).

O setor de abastecimento de água é atualmente responsável em grande parte pelo desenvolvimento económico e social de um país, pois é capaz de gerar atividade económica e, consequentemente, criar emprego e riqueza. Não obstante, contribui igualmente para uma melhoria relativa às condições de vida da população.

O valor económico do mercado criado pela atividade deste setor é também relevante, tanto em termos de investimento em infraestruturas, como em termos de gestão e exploração de sistemas e atividades complementares, enquanto fornecedores de serviços, materiais e produtos. Posto isto, tem-se vindo a assistir ao crescimento de uma verdadeira indústria da água, sendo previsível que se assuma como um setor de ponta em termos de crescimento, volume de investimentos, geração de emprego e promoção do desenvolvimento tecnológico. O desenvolvimento empresarial nos serviços de águas em Portugal encontra-se ainda numa fase de crescimento e expansão, embora tenha abrandado nos últimos anos, tanto a criação de novos sistemas multimunicipais de águas e resíduos, como a empresarialização dos serviços (ERSAR, 2013b).

Em 2010 a Assembleia Geral das Nações Unidas declarou o acesso à água potável e ao saneamento um direito humano essencial ao pleno prazer da vida. Esta qualificação jurídica permitiu uma melhor compreensão no modo como os serviços de abastecimento de água e saneamento de águas residuais devem ser prestados. O teor destes direitos é definido por um conjunto de critérios seguidamente mencionados (Albuquerque, 2012):

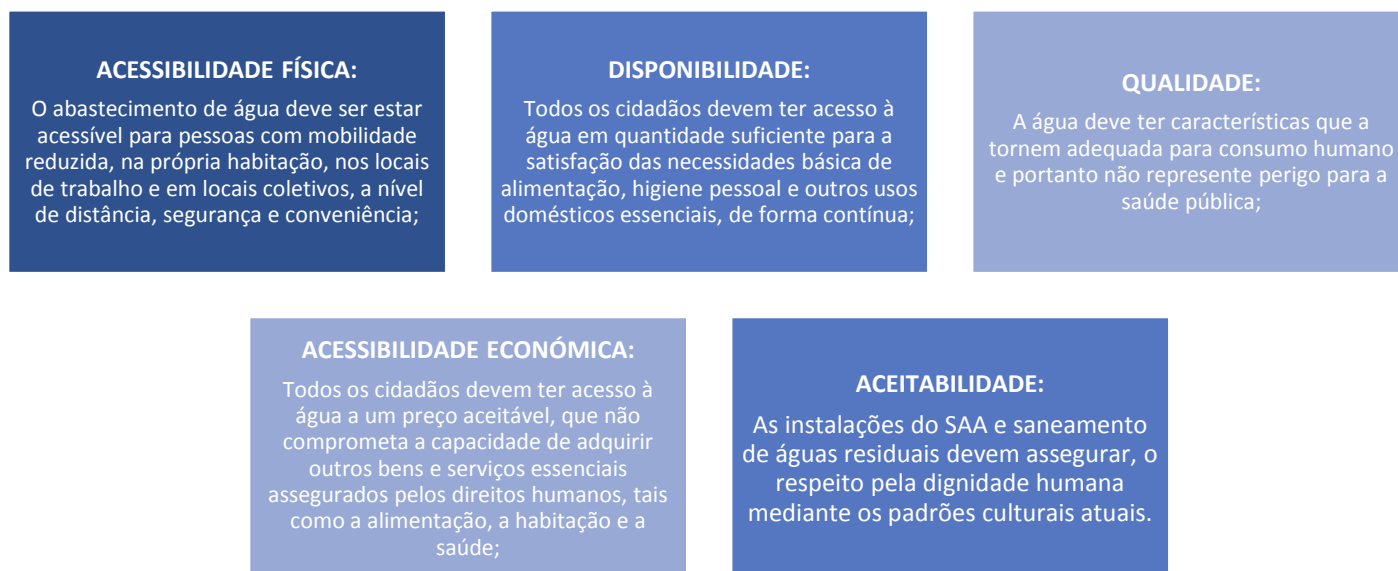


Figura 2. 1 - Conjunto de critérios nos quais assenta o direito humano ao acesso a água potável e saneamento

Para além destes critérios específicos, o acesso à água e ao saneamento deve ser assegurado mediante princípios de não discriminação, (nomeadamente, a garantia a grupos desfavorecidos), a participação dos interessados e a responsabilização pública, tal como sucede com os restantes direitos humanos (Albuquerque, 2012). Com efeito, o abastecimento de água e o saneamento de águas residuais correspondem a serviços de interesse geral ou, mais especificamente, Serviços de Interesse Económico Geral (SIEG) uma vez que garantem a satisfação das necessidades básicas da maioria dos cidadãos quer sejam económicas, sociais ou culturais, e cuja existência seja fundamental à vida. Os SIEG são igualmente reconhecidos como serviços públicos essenciais pela legislação nacional, nomeadamente pela Lei dos serviços públicos essenciais (Diário da República, 1.ª série-A N.º 172, 26 de julho de 1996, 1996), (ERSAR, 2013b).

As Entidades Gestoras, responsáveis pela gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água, enfrentam atualmente a difícil tarefa de assegurar a sua estabilidade pois vêm-se obrigadas a responder a todo um conjunto de variáveis presentes diariamente na dinâmica de uma Empresa deste tipo. Aspetos como expansão urbana, aumento de consumos, dinamização da indústria, entre outros, são fatores aos quais uma EG deverá estar atenta aquando do dimensionamento de uma rede de distribuição de água. As EG em alta foram criadas com o objetivo, entre outros, de suprir dificuldades de abastecimento anteriormente ocorridas em boa parte do território nacional, bem como introduzir uma maior racionalização na gestão de um recurso cada vez mais escasso.

Devido ao fornecimento diário de elevados volumes de água, surgiu a necessidade de recorrer a água de origem superficial, em detrimento da de origem subterrânea. A realidade de Portugal

Continental engloba concelhos que utilizam exclusivamente água de origem superficial e outros que apenas utilizam de origem subterrânea. Contudo, genericamente, a água de origem superficial é a mais utilizada, correspondendo no nosso país a, aproximadamente, 70% da que é colocada nas redes de abastecimento. Esta realidade prende-se com a maior fiabilidade e facilidade deste tipo de captação, que permite a retirada de caudais de água superiores e mais constantes. No entanto, a água superficial exige tratamentos mais complexos até atingir a potabilidade pois a subterrânea, em termos de composição, tende a ser mais constante. Há que ainda ter em consideração que, graças ao uso incorreto de fertilizantes na agricultura, nem sempre as águas subterrâneas apresentam elevada qualidade e nem sempre as superficiais existem em quantidades suficientes em períodos de estiagem. As águas pluviais destacam-se pela qualidade e pela relativa facilidade de captação. (ERSAR, 2012).

2.1.2 SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Um sistema de abastecimento de água compreende todo o tipo de componentes hidrológicas e hidráulicas, podendo incluir a bacia para captação de água, reservatórios de armazenamento desta, estruturas de transporte nas diferentes etapas e estruturas para bombagem, quando necessário (Carvalho, 2014). É caracterizado pela retirada da água da natureza, adequação da sua qualidade, transporte e fornecimento às populações em quantidade compatível com as necessidades destas (Mota, et al., 2012).

A escolha da bacia para captação deve não só atender à qualidade da água existente mas também a fatores económicos. Esta fase pode ser descrita como a retirada de água bruta da bacia para entrada em estações de tratamento, ou até diretamente em sistemas de adução e de distribuição. Após o devido tratamento, a água torna-se potável e própria para seguir até aos sistemas de adução, podendo ocorrer ou não transferências desta, quer por importação ou exportação.

Relativamente aos reservatórios, estes garantem o bom funcionamento de um SAA pois permitem o armazenamento de água em períodos de menos consumo, para utilização em caso de consumos mais elevados.

No que diz respeito ao transporte final, este é garantido por condutas distribuidoras que transportam a água do reservatório até ao consumidor final, podendo este ser executado por bombagem quando se torna impossível fazer chegar a água ao seu destino apenas por gravidade. Pelo contrário, quando se verificam elevadas quedas ao longo da rede, recorre-se à construção de andares de pressão, que permitem diminuir as perdas de carga ao longo do trajeto da água (Carvalho, 2014).

Um SAA pode ser projetado tanto para satisfazer povoações de pequena dimensão como cidades inteiras, dependendo das características e dimensão das suas instalações (Mota, et al., 2012). A Figura 2.2 pretende representar a constituição, em termos gerais, de um típico SAA (Alegre, et al., 2005).

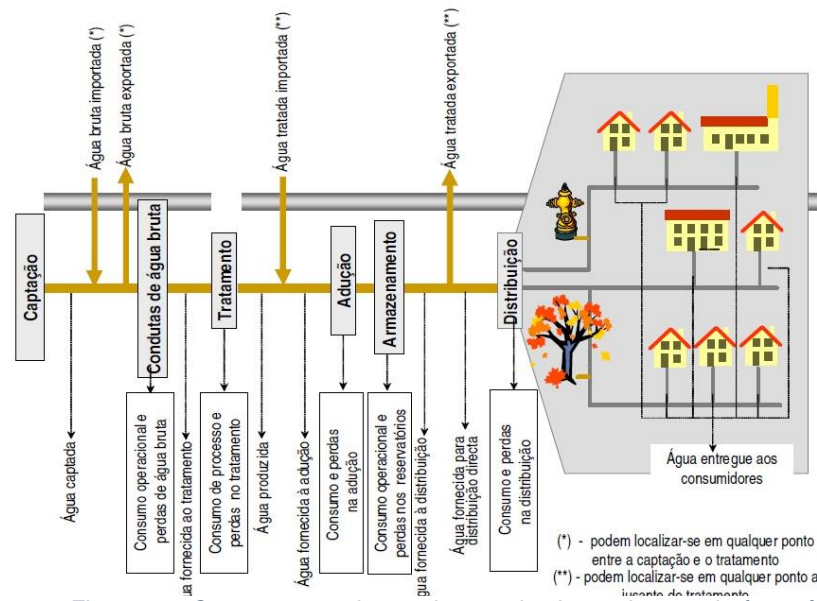


Figura 2. 2 Componentes de um sistema de abastecimento de água típico

O objetivo de qualquer EG é não apresentar quaisquer perdas de água que circula no sistema, conseguindo um caudal de saída igual ao de entrada. Esta situação não corresponde à realidade devido a diversos fatores que mais à frente serão abordados (Carvalho, 2014). A Figura 2.3 pretende descrever cada constituinte de um típico SAA (Carvalho, 2014) (Matos, 2011).

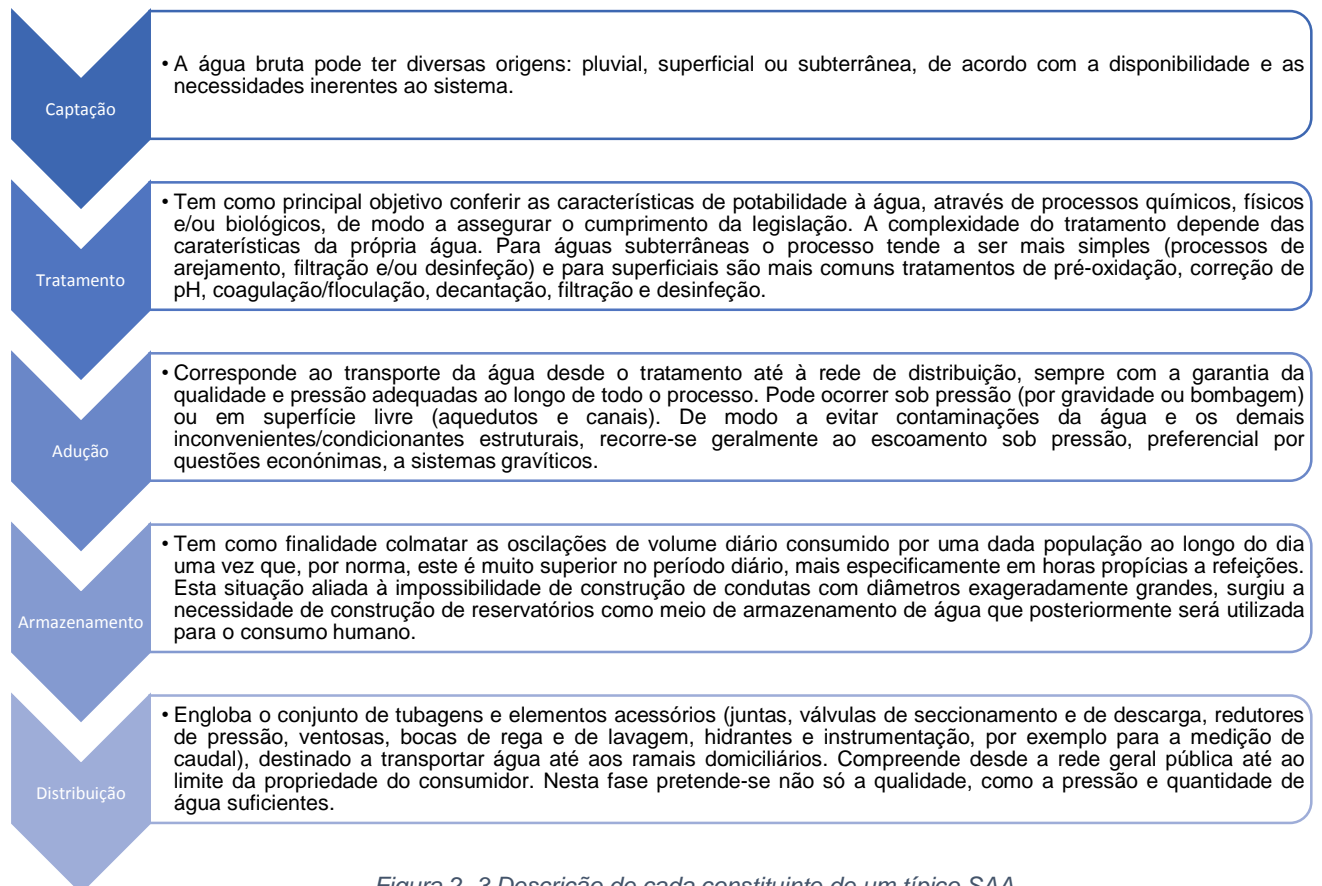


Figura 2. 3 Descrição de cada constituinte de um típico SAA

Os SAA podem dividir-se na sua componente em “alta” (captação, tratamento e adução) e componente em “baixa” (distribuição). Uma vez que as Águas de Gaia constituem um sistema em “baixa”, destacar-se-ão apenas os processos de armazenamento e distribuição.

No que diz respeito ao armazenamento, este é feito, conforme descrito anteriormente recorrendo a reservatórios, apresentando estes inúmeras finalidades, tais como (Diário da República, 1.ª série-B Nº 194, 23 de Agosto de 1995 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto, 1995) (Matos, et al., 2012):

- Servir de volante de regularização, compensando as flutuações de consumo face à adução:
 - Regularização diária (entre horas do dia)
 - Regularização inter-diária (entre dias do ano)
- Constituir reservas de emergência, por exemplo para o combate a incêndios ou para assegurar a distribuição em casos de interrupção voluntária ou accidental do sistema de montante ou em casos de variação de qualidade da água na origem;
- Equilibrar as pressões na rede de distribuição;
- Regularizar o funcionamento das bombagens.

De acordo ainda com o Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto, os reservatórios classificam-se segundo a sua função, implantação e capacidade.

- Consoante a sua função:
 - De distribuição ou equilíbrio
 - De regularização de bombagem
 - De reserva para combate a incêndio
- Consoante a sua implantação:
 - Enterrados
 - Semi-enterrados
 - Elevados
- Consoante a sua capacidade:
 - Pequenos (Volume <500m³)
 - Médios (Volume entre 500 m³ e 5000m³)
 - Grandes (Volume >5000m³)

Relativamente à localização dos reservatórios estes devem implementar-se o mais próximo possível do centro de gravidade dos locais de consumo, a uma cota capaz de garantir as pressões mínimas em toda a rede, evitando-se desta forma o recurso a bombagem (Diário da

República, 1.^a série-B Nº 194, 23 de Agosto de 1995 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto, 1995).

Por fim, a rede de distribuição pode apresentar três tipos de configurações, cada uma acarretando vantagens e desvantagens (Sousa, 2001):

Tabela 2. 1 - Vantagens e desvantagens dos diferentes tipos de configurações de uma rede de distribuição de água.

	Rede Ramificada	Rede Emalhada	Rede Mista
Vantagens	Só existe um percurso possível entre o reservatório e qualquer ponto da rede.	As condutas fecham-se sobre si mesmas, formando malhas de circuitos fechados, permitindo o escoamento bidirecional.	Conjuga os dois tipos de rede anteriores numa só, com a otimização das vantagens que lhes estão inerentes.
	Requer um menor número de acessórios	Não se sentem efeitos significativos na pressão perante variações de consumo.	
	Permite adotar diâmetros mais económicos para as condutas	Não é necessário interromper todo o abastecimento a jusante para a resolução de avarias ou manutenção.	
	Dimensionamento a nível hidráulico mais simples		
Desvantagens	Pode ocorrer acumulação de sedimentos nos pontos terminais, condicionando a qualidade da água e podendo originar a obstrução total ou parcial da conduta, impossibilitando a chegada de água às habitações	O dimensionamento tende a ser mais complexo, com um maior número de acessórios a colocar.	
		Requer um dimensionamento hidráulico muito complexo.	
	A pressão pode-se tornar insuficiente caso existam variações no consumo, levando, por vezes, a várias reclamações por parte dos clientes.	Implica um maior investimento na rede.	
	Não oferece alternativas à distribuição, o que faz com que em caso de avaria ou manutenção, todo o SAA seja interrompido a jusante.		

A Figura 2.4 apresenta os dois tipos de rede esquematicamente (Costa, 2014):

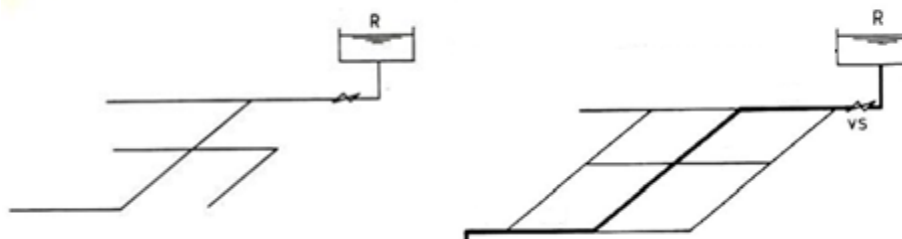


Figura 2. 4 - Exemplificação gráfica de uma rede ramificada (à esquerda) e de uma rede em malha (à direita).

As redes de distribuição encontram-se igualmente regulamentadas pelo Decreto-Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto, que estabelece alguns critérios relativos à implementação e dimensionamento da rede, nomeadamente, as pressões a cumprir, critérios de dimensionamento e instalação de acessórios e condutas, ressaltando a importância de criar e manter uma base de dados atualizada de toda a rede (cadastro) (Costa, 2014).

Quanto à pressão nas redes, esta é obtida pela diferença de altura da água no reservatório e a altura piezométrica do ponto onde se pretende medir a pressão, subtraindo ainda as perdas de carga contínuas e localizadas entre estes dois pontos (Carvalho, 2014). O Artigo 21 do Decreto Regulamentar já anteriormente mencionado impõe como pressões mínima e máxima na rede os valores de 100 e 600 KPa respetivamente e que não haja variações, em cada nó do sistema, ao longo do dia, superiores a 300 KPa (Diário da República, 1.^a série-B Nº 194, 23 de Agosto de 1995 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto, 1995).

A pressão máxima verifica-se durante o período noturno, em que os consumos são relativamente baixos, aumentando assim a pressão na rede. Por outro lado, a pressão mínima ocorre durante os períodos de consumos mais elevados, para os quais são dimensionadas as condutas da rede, tendo em consideração os caudais máximos de consumo, isto é, o caudal de ponta horário, de modo a conseguir suprimir todas as necessidades. Este caudal, resulta da multiplicação do caudal médio anual pelo fator de ponta horário (Diário da República, 1.^a série-B Nº 194, 23 de Agosto de 1995 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto, 1995).

2.1.3 MODELOS DE GESTÃO

Atualmente assiste-se em Portugal ao domínio de inúmeros monopólios no que diz respeito a empresas de gestão da água, sendo cada operador responsável por um município inteiro ou até mesmo vários. Esta situação prende-se com as características específicas de produção e principalmente de distribuição no setor, a par das infraestruturas em rede e da atribuição de competências de abastecimento às autarquias, não permitindo assim oportunidades para possíveis concorrentes (Martins, 2007).

A verdade é que a criação e a aplicação de único modelo capaz de dar resposta à essência multidisciplinar e intersectorial desta atividade tendo vindo a ser dificultada pelas suas próprias características, em particular, o elevado número de EG a atuar (ERSAR, 2013b).

Em relação aos modelos de gestão existentes no nosso país, existem três distintos, a saber: Concessionárias multimunicipais, concessionárias municipais e entidades municipais, caracterizados de seguida na Fig 2.5 (Teixeira, 2014).

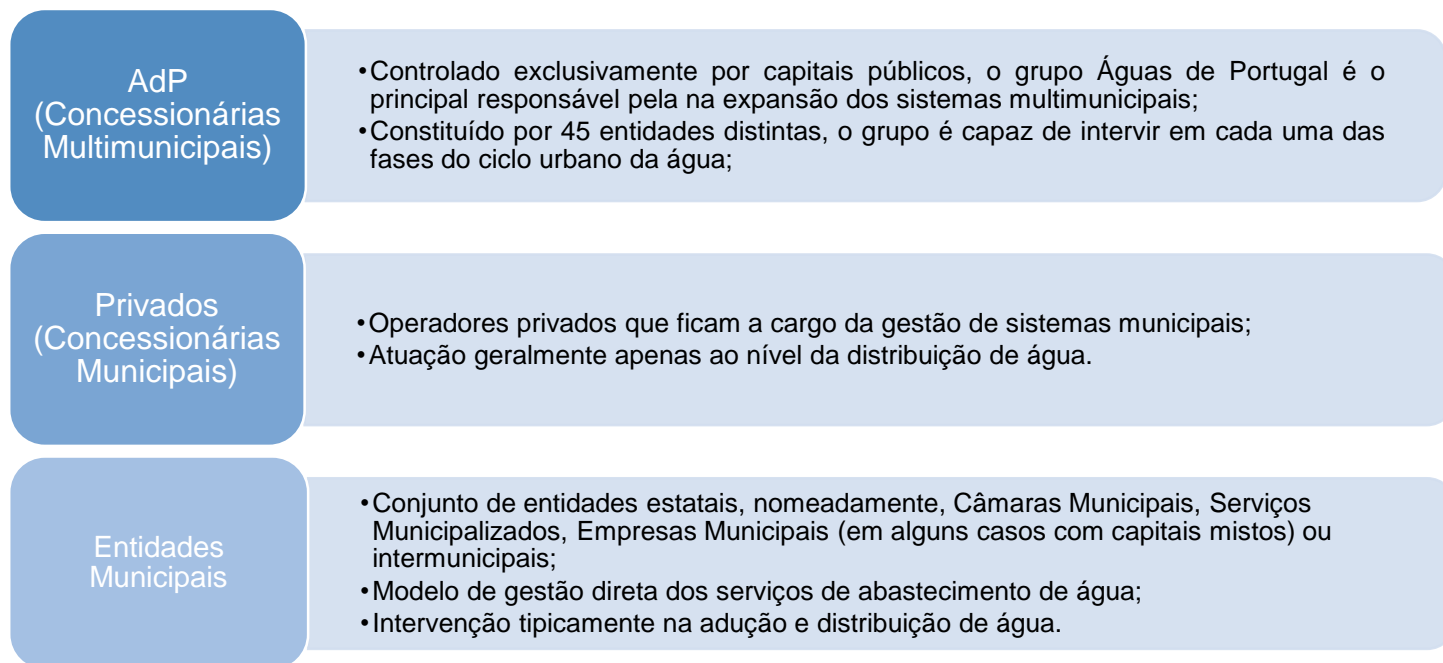


Figura 2. 5 - Principais características dos modelos de gestão do sector das águas atualmente existentes em Portugal

Os modelos de gestão atualmente existentes encontram-se regulamentados pelo Decreto-Lei n.º 194/2009 de 20 de Agosto. De acordo com a legislação em vigor, a EG dos serviços municipais é determinada pela entidade titular, e poderá ser responsável por um dos seguintes modelos de gestão: prestação direta do serviço, delegação do serviço em empresa constituída em parceria com o Estado, delegação do serviço em empresa do setor empresarial local ou concessão do serviço (Diário da República, 1.ª série N.º 161, 20 de Agosto de 2009, 2009).

O AdP, responsável pela gestão direta dos sistemas distingue-se pelo nível de autonomia administrativa e financeira e as suas tarifas são determinadas próprio órgão (ERSAR, 2013b).

Relativamente às parcerias celebradas entre o Estado e os municípios com vista à gestão e exploração de sistemas municipais de abastecimento público de água e de saneamento de águas residuais, estas permitem a delegação dos serviços a EG do setor empresarial local. Estas passam assim a ser responsáveis pela gestão deste tipo de serviços de interesse geral, através da celebração de um contrato de gestão que estabelece os objetivos a prosseguir pela empresa e a política de preços recomendada (ERSAR, 2013b). De acordo com o já referido Decreto, está ainda prevista a possibilidade de concessão dos serviços municipais como a operação, manutenção e a conservação do sistema e inclusive a construção, renovação e substituição de infraestruturas. Para tal, é necessário a par do contrato de concessão, a elaboração de um caderno de encargos e a criação de uma comissão de acompanhamento da concessão (Diário da República, 1.ª série N.º 161, 20 de Agosto de 2009, 2009).

O Estado Português assume-se portanto como uma peça fulcral na gestão da água, assumindo um papel determinante em seis âmbitos distintos, através de diversas entidades públicas. É

simultaneamente decisor, regulador, autoridade nacional da água, concedente e concessionário, conforme indicado na Fig 2.6 (Costa, 2014).

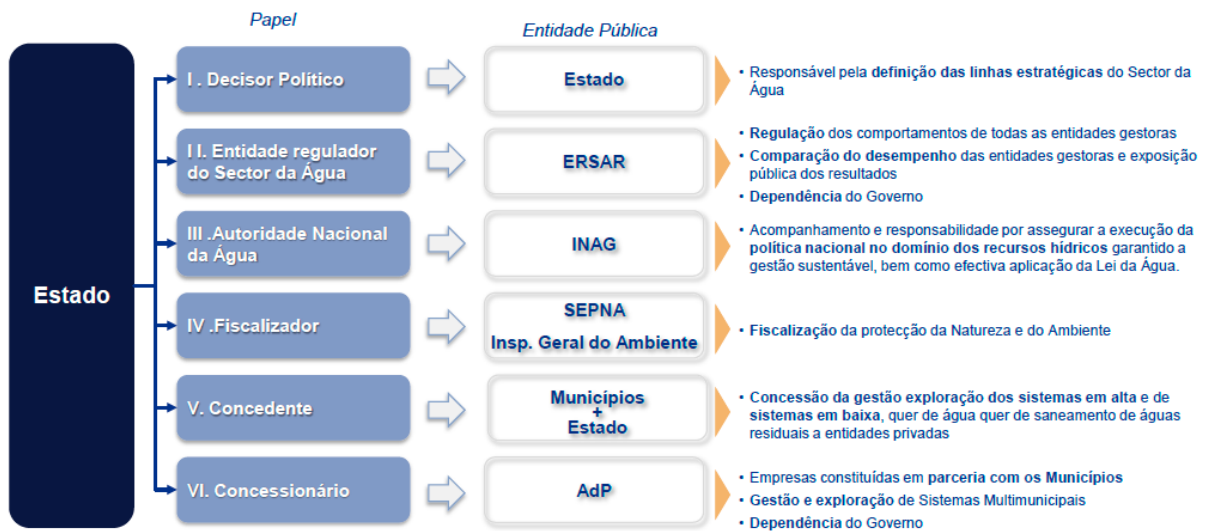


Figura 2. 6 - O papel do Estado Português na gestão dos serviços públicos de abastecimento de água.

2.1.4 SUSTENTABILIDADE DO SETOR DAS ÁGUAS

Numa EG, a fixação de objetivos e medidas parte, inevitavelmente, pela consciencialização que o principal aspeto a ter com conta é a questão tarifária. Para tal, é necessária a adoção de uma política de financiamento sustentável, ou seja, capaz de cobrir todos os custos (PEAASAR II, 2007).

A implementação deste tipo de política é a principal limitação de uma EG, e a importância da interligação das diversas vertentes a considerar como a social, a financeira, a ambiental, a política e inclusive a cultural, deve ultrapassar as questões financeiras (Martins, 2007).

A nível nacional, é de todo o interesse a promoção da sustentabilidade dos SAA, elevando o nível de qualidade do serviço, não abdicando de preços comportáveis e sem negligenciar a questão ambiental sustentável.

De acordo ainda com o PEAASAR II, o preço justo da água deve refletir o equilíbrio que se pretende conseguir entre os três pilares fundamentais da sustentabilidade do setor. Assim, deve ser possível cobrir os custos e investimentos associados à prestação dos serviços, através de tarifas justas, socialmente aceites e escalonadas de forma a contribuir para uma utilização da água mais eficiente, conforme elucidado na Fig. 2.7 (PEAASAR II, 2007).

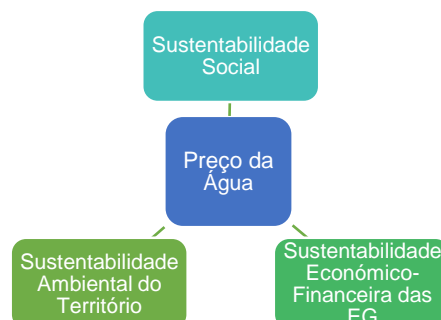


Figura 2. 7 - O verdadeiro preço da água

2.1.5 IMPACTES DAS PERDAS DE ÁGUA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SETOR DAS ÁGUAS

Para se atingir um desenvolvimento sustentável no setor de abastecimento de água, este advém do sucesso de negócio da Empresa. Só assim será possível obter uma maior prosperidade, oportunidades mais equitativas e o uso de recursos naturais de uma forma responsável, preservando-os para as gerações futuras (Fallis, et al., 2011).

Contudo, em qualquer SAA, as perdas de água acarretam um obstáculo à sua sustentabilidade, originando uma série de potenciais impactes (Fallis, et al., 2011):

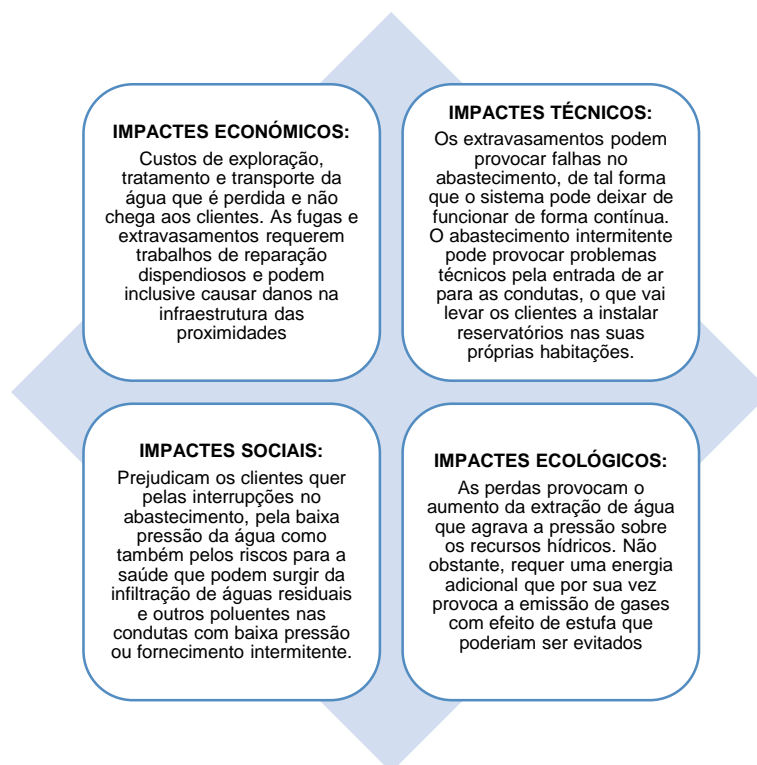


Figura 2. 8 - Impactes das perdas de água num sistema de abastecimento

Em suma, as perdas de água comprometem a sustentabilidade dos SAA pelo que as EG devem fazer um esforço por as analisar, quantificar, combater e reduzir (Fallis, et al., 2011).

2.2 PROGRAMA NACIONAL PARA O USO EFICIENTE DA ÁGUA

Este programa visa a redução das perdas de água e a otimização do uso da mesma, consistindo atualmente num instrumento de gestão imprescindível para a proteção dos Recursos Hídricos em Portugal que entrou em vigor em 2012 e tem o seu término em 2020. (APA, 2012)

Sendo um instrumento de política nacional com o objetivo de se obter uma utilização mais eficiente da água, particularmente nos setores urbano, agrícola e industrial, tem vindo a contribuir para diversas melhorias como a diminuição do risco de escassez hídrica e a melhoria das condições ambientais, garantindo sempre a satisfação das necessidades vitais e a qualidade de vida das populações, assim como o progresso socioeconómico de país (APA, 2012).

Conta ainda com inúmeros benefícios indiretos em áreas altamente dependes do uso de água, nomeadamente a redução do volume de água residual rejeitado para o meio hídrico e dos consumos de energia (APA, 2012).

Relativamente a questões económicas, a ineficiência no transporte e utilização deste recurso pode atingir valores monetários bastante relevantes na estrutura de custos da água e na necessidade de antecipação de investimentos para dar resposta à procura desta (APA, 2012).

De acordo com o PNUEA, é necessária a implementação de medidas que visem a melhoria da eficiência hídrica no nosso país, recorrendo para tal a uma política ambiental, integrada e transversal, de eficiência de recursos. A consciencialização da necessidade de uma utilização responsável da água prende-se com diversas questões, nomeadamente por (APA, 2012):

Ser um imperativo ambiental

- Como um recurso limitado que é, precisa de protegido, conservado e gerido de forma a garantir a sua sustentabilidade dos ecossistemas e dos serviços que estes proporcionam à sociedade em geral e a de outros recursos intrinsecamente associados;

Constituir uma necessidade estratégica

- O aumento das disponibilidades e das reservas de água no País é fundamental;

Corresponder a um interesse económico a diversos níveis

- Nacional - desperdícios representam uma “deseconomia” para o País;
- Empresarial – a água é um importante fator de produção;
- EG da água - permite maior racionalidade dos investimentos;
- Consumidores - permite uma redução dos encargos com a água;

Constituir uma obrigação do País

- Tanto em termos de normativo nacional como comunitário;

Ser um imperativo ético

- Por ser um bem essencial à vida, a água precisa de ser gerida tendo em conta as gerações seguintes.

Figura 2. 9 - Principais motivos para uma utilização responsável da água

Assim, os objetivos estratégicos do PNUEA passam por (APA, 2012):

- Promover uma atitude duradoura de proteção da água perante os cidadãos, em particular na população infantil e juvenil, potenciando assim a alteração de comportamentos;
- Criar uma consciência nos cidadãos em geral mas também nos gestores dos SAA, no que diz respeito à importância de uma utilização mais eficiente da água;
- Habilitar e capacitar as entidades responsáveis pela conceção e gestão de sistemas de abastecimento e dos equipamentos, através da produção e disponibilização de ferramentas de informação e de auxílio à formação;
- Terminar com os desperdícios de água e minimizar a níveis aceitáveis as perdas nos SAA, dando prioridade aos que são potencialmente mais expressivos (sistemas de natureza pública e/ou coletiva); Para o setor urbano, por exemplo,
- foi estabelecida uma meta de ineficiência de utilização da água de 20%, que deve ser cumprida até 2020, essencialmente através da redução das perdas nos SAA.
- Fomentar iniciativas concretas com base em parcerias entre entidades públicas e/ou privadas;
- Assegurar a avaliação periódica e sistemática das ações que possibilitem conhecer a evolução do PNUEA.

Contudo e apesar de todo o conhecimento científico na matéria e da tecnologia existente, o nível de perdas de água das EG continua em muitos casos a ser desconhecido e, por isso, subvalorizado. Esta situação resulta em parte da falta de mão-de-obra qualificada e da falta de aplicação dos fundos para a redução das perdas (Gjinali & Giantris, 2014).

Independentemente da sua tipologia, as perdas de água num sistema constituem um obstáculo para eficiência e sustentabilidade dos mesmos pelo que resulta claro a necessidade de promover medidas conducentes ao seu combate e à otimização da qualidade dos serviços. Posto isto, o principal objetivo de uma EG é conseguir diminuir o volume de água comprada através da diminuição das perdas, o que consequentemente induzirá um aumento da faturação. Desta forma, a redução das perdas pode-se traduzir em ganhos e/ou poupanças monetárias que podem ser aplicados na expansão/reabilitação da rede e na gestão integrada do ciclo urbano da água, pagando o eventual investimento realizado no seu combate (Martins, 2014b).

2.3 CONCLUSÃO DO ESTADO DE ARTE

Com desenrolar da pesquisa bibliográfica efetuada nesta dissertação, resultou claro a importância da água na qualidade de vida das populações e no desenvolvimento socioeconómico do país, tendo-se constatado uma recente evolução positiva no desenvolvimento dos SAA. Este desenvolvimento deveu-se, em grande parte ao esforço de

infraestruturação e à ajuda de fundos comunitários, continuando no entanto, a ser necessário percorrer um longo caminho no que diz respeito à utilização eficiente da água.

Atualmente, um típico SAA inicia-se com a captação de água, seguida do devido tratamento para a tornar potável. Posteriormente, segue para o sistema adutor que a transporta até aos locais de armazenamento, sendo por fim distribuída aos utilizadores, através da rede de distribuição. Esta deve obedecer a alguns critérios, estabelecidos pelo Decreto-Regulamentar nº23/95, para que a qualidade e a quantidade de água, bem como as pressões adequadas na rede sejam asseguradas.

Como setor fulcral que é, o abastecimento de água às populações deve ser alvo de controlo e a sua informação deve ser divulgada ao público para que sejam garantidos a proteção e igualdade dos utilizadores, a qualidade e continuidade dos serviços, preços socialmente justos e a transparência no exercício da atividade.

Podemos subdividir um SAA segundo duas componentes, em “alta” (captação, tratamento e adução) e em “baixa” (distribuição), sendo os primeiros típicos de concessões multimunicipais e o segundo de entidades municipais.

No que diz respeito à gestão dos serviços de abastecimento, há quatro modelos atualmente em vigor em Portugal: gestão direta, gestão delegada em empresa constituída em parceria com o estado, gestão delegada em empresa do setor empresarial local e gestão concessionada, sendo que em todas elas o Estado assume um papel determinante.

Relativamente à sustentabilidade deste setor, é necessário o equilíbrio entre as componentes social, ambiental, e económica que se refletirá num preço de água socialmente justo. Simultaneamente, a água deve ser utilizada de forma eficiente e cobrir todos os custos associados ao exercício da atividade.

Apesar da significativa evolução a que se tem assistido dos SAA no nosso país, são ainda notórios alguns problemas e desafios. Aspetos como a gestão pouco eficiente dos sistemas e dos recursos hídricos, a falta de economia de escala e de cobertura dos custos e a inexistência da recuperação de investimento, resultam em valores de perdas muito elevados. A eficiência de uma EG pode então ser avaliada pela água que entra no sistema e não é faturada.

As perdas de água dividem-se em perdas reais e perdas aparentes, sendo que as primeiras correspondem a perdas físicas do sistema, em condutas, ramais e reservatórios. As segundas correspondem a água que foi consumida mas não foi faturada e na maioria dos casos têm um impacto financeiro superior às perdas reais.

As principais componentes das perdas aparentes são: os erros humanos, os erros informáticos, os erros de procedimentos, os erros de medição e o consumo não autorizado, sendo que a dissertação incidiu sobre estes dois últimos componentes.

Em suma, de forma a tornar os SAA mais eficientes, é essencial diminuir a percentagem de perdas, nunca esquecendo que todos custos associados à redução destas deverão implicar uma cuidada avaliação, pois a partir de um certo ponto os ganhos monetários obtidos deixam de compensar o seu combate.

3

ÂMBITO E OBJETIVOS

3.1. ÂMBITO

Concluído o estado de arte, foi possível constatar que as EG responsáveis pelo abastecimento de água enfrentam atualmente um sem número de desafios, sendo o principal o da gestão eficiente dos sistemas de abastecimento. Para tal, necessitam de ser capazes de reduzir as perdas de água, pois em muitos casos, estas apresentam valores bastante significativos, podendo inclusive colocar em causa a própria sustentabilidade da Empresa. De notar que os custos associados à redução das perdas poderão ser tão elevados que não estejam ao alcance de todas as EG, pelo que se deverá ter em conta se estes serão ou não recuperados com o aumento da faturação ou pelo não desperdício de água de entrada no sistema.

Após este enquadramento cujo objetivo era proporcionar uma melhor compreensão dos sistemas de abastecimento de água e toda a sua envolvente, segue-se um estudo mais pormenorizado sobre as perdas aparentes, perdas essas que deverão constituir uma das principais preocupações para as Entidades Gestoras.

Dada a quantidade de informação existente sobre as perdas de água, poder-se-ia pensar que a busca e combate destas seriam objetivos fáceis de atingir. Contudo, este assunto continua a gerar bastante controvérsia e será aqui exposto mais ao pormenor no que diz respeito às frações associadas aos erros de medição e aos consumos fraudulentos.

A presente dissertação foi desenvolvida em ambiente empresarial, na Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A. Esta oportunidade permitiu não só o acesso a dados reais, com os quais se deparam diariamente os técnicos da Empresa, mas também aos *layers* para o *software* de informação geográfica disponibilizados pela empresa. Não obstante, permitiu ainda a realização de diversas visitas ao terreno, que possibilitaram uma melhor compreensão do setor e das dinâmicas já existentes nas equipas de trabalho. Todo o contato com os técnicos resultou num ganho de experiência e sensibilização para a problemática das perdas de água.

Aproveitando o sistema de telegestão pertencente à Empresa, tornou-se importante a descrição do mesmo, pois no futuro, eventualmente, a EG poderá aproveitar ao máximo as suas potencialidades por forma a acompanhar a evolução dos sistemas informáticos.

3.2. OBJETIVOS

A dissertação apresentada tem como principal objetivo a avaliação de custos e benefícios da redução de perdas aparentes em sistemas públicos de abastecimento de água, utilizando como caso de estudo duas Zonas de Medição e Controlo (ZMC) da Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A. Este objetivo é elucidativo daquilo que realmente se pretende numa EG: a diminuição da Água Não Faturada.

Como objetivos complementares destacam-se os seguintes:

- Elaboração dos Balanços Hídricos de Janeiro, Fevereiro e Março de 2015 para cada ZMC por forma a estimar o valor de perdas aparentes totais e as referentes a cada componente (consumo não autorizado e erros de medição);
- Análise da evolução da ANF;
- Descrição das diferentes componentes das perdas aparentes;
- Representação dos consumos médios mensais faturados de cada cliente por classes de faturação para deteção de consumos anómalos, ou seja, nulos ou reduzidos, pois sugerem desde logo a possibilidade de existirem contadores parados;
- Estudo do parque de contadores e aferição do número de contadores em fim de vida;
- Análise de custos e benefícios da sua substituição na redução as perdas aparentes da EG;
- Detecção de situações ilícitas e contabilização do volume de água não faturada e custos associados para a EG;
- Contribuição do sistema de telegestão no combate às perdas aparentes;
- Avaliação de custos e benefícios do controlo e deteção de consumos ilícitos na redução das perdas aparentes da EG.

4

PERDAS DE ÁGUA NA EMPRESA ÁGUAS E PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA E.M., S.A.

4.1. ÁGUAS E PARQUE BIOLÓGICO DE GAIA, E.M., S.A.

4.1.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

Em funcionamento desde 1948, os Serviços Municipalizados de Água e Saneamento (SMAS) de Vila Nova de Gaia, garantiram durante anos o abastecimento de água às populações. Essencial à saúde pública, ao bem-estar dos cidadãos, às atividades económicas e à proteção do ambiente, o abastecimento de água passou a obedecer a um conjunto de princípios de onde se destacam a universalidade de acesso, a garantia de fiabilidade e qualidade de serviço, a eficiência e a equidade de preços. Contudo, a EG apresentava um elevado nível de perdas e não sendo capaz de responder às necessidades da crescente população, em 1998, a Câmara Municipal nomeou uma Administração residente, transformando ao abrigo da Lei n.º 58/98, de 18 de Agosto, em Abril de 1999, os SMAS na Empresa Municipal Águas de Gaia.

Já em 2011, deu-se a fusão das empresas municipais Águas de Gaia e Parque Biológico de Gaia de forma a garantir uma melhor integração ambiental, dando origem à atual EG Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A.

Atualmente o SAA conta com um sistema adutor, emalhado, que alimenta 32 reservatórios de distribuição, capazes de garantir o abastecimento às 24 freguesias do concelho. A água comprada é proveniente da ETA de Lever e permite abastecer uma população de cerca de 315 mil habitantes e numerosas atividades empresariais. A rede de distribuição de água de Vila Nova de Gaia conta já com 80 zonas principais de distribuição fechadas delimitadas, denominadas de zonas de medição e controlo (ZMC) sendo que cerca de apenas 20 se encontram implementadas. Cada uma está dotada de equipamentos de monitorização e controlo digital, em tempo real, do caudal e da pressão nos pontos de entrega dos sistemas e nos reservatórios e a sua criação teve como base o conhecimento e experiência dos responsáveis pelo Abastecimento de Água, segundo critérios como o número de clientes e/ou o número de quilómetros de rede.

Sendo a água um fator essencial para o desenvolvimento socioeconómico do país, considera-se um recurso estratégico pelo que tanto a EG como os consumidores devem garantir o seu uso de forma eficiente, quer por imperativo ambiental, por necessidade estratégica ou por interesse económico do tecido empresarial. Para tal, a Empresa tem vindo a adotar uma série de medidas de forma a minimizar as perdas de água e de sensibilizar os clientes para a redução de possíveis consumos supérfluos como a divisão de todo o território em ZMC.

Assim, a evolução das perdas reais e da água não faturada tem vindo a ser uma preocupação constante da EG, que procura diariamente soluções técnicas e possíveis ajustes na organização, suscetíveis de melhorar cada vez mais estes indicadores. Para tal, há uma monitorização permanente do estado de operacionalidade da rede, contando com equipas especializadas na deteção de fugas e roturas que garantem as reparações necessárias. Relativamente à ANF, analisa-se a evolução dos consumos autorizados não faturados, dado que o valor da ANF depende cada vez mais do volume destes consumos.

A Fig. 4.1 mostra o sistema de abastecimento de água da cidade do Vila Nova de Gaia (Águas e Parque Biológico de Gaia E.M., S.A., 2015).

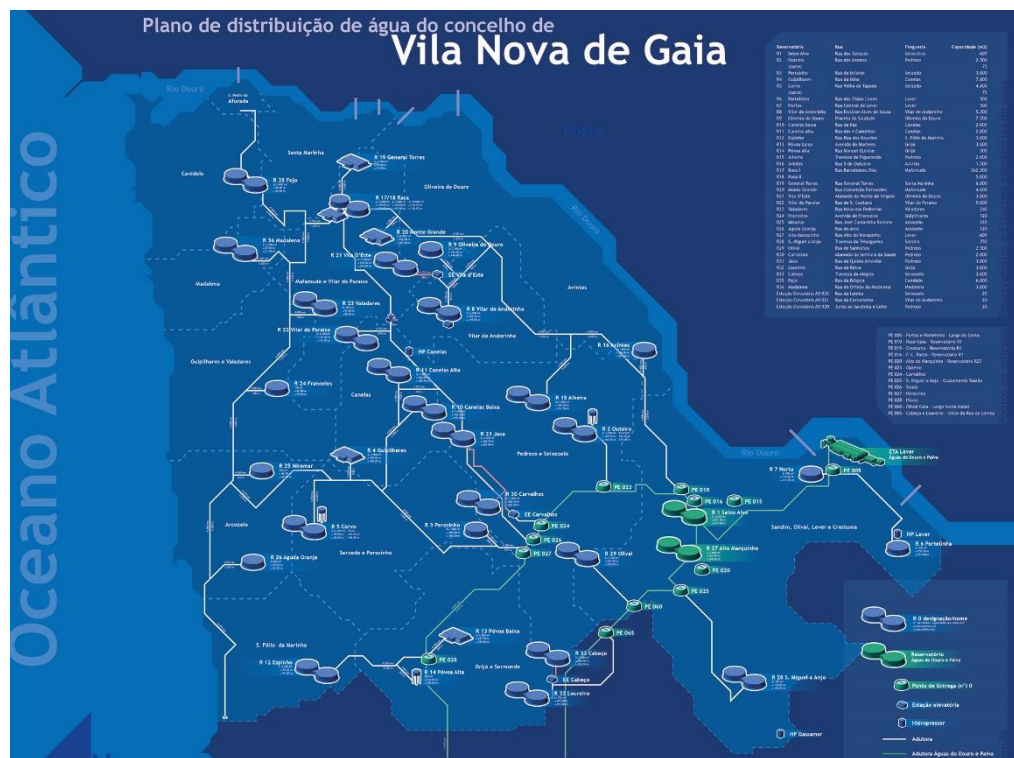


Figura 4. 1 – Mapa da rede de distribuição de água de Vila Nova de Gaia

4.1.2 DESCRIÇÃO DAS ZMC

A criação de Zonas de Medição e Controlo teve como base a necessidade de uma melhor gestão da vasta rede de distribuição de água que a Empresa possui. O crescimento da cidade levou a que esta rede fosse sendo sucessivamente ampliada e reforçada, de modo a responder ao aumento dos consumos, sendo atualmente bastante complexa. Assim, as ZMC consistem em zonas de contornos fixos e rigorosamente identificados, interligadas, de funcionamento simples e facilmente controlável, cujos objetivos são os de permitir (SIGA, 2014):

- 💧 Separar a componente de adução da componente de distribuição;
- 💧 Criar andares de pressão independentes quando as diferenças de cotas topográficas o permitirem e justificarem;
- 💧 Sectorizar a rede em zonas de menor dimensão, de modo a que seja possível a medição dos caudais fornecidos a cada uma e, eventualmente, ajustar as pressões de funcionamento ao longo do dia de acordo com as necessidades.

Desta forma, é possível à EG medir a entrada e saída de água de cada zona, o que lhe permite obter dados mais detalhados do balanço hídrico e do comportamento dos consumos. A delimitação das ZMC obedeceu a critérios como a densidade populacional, a de ramais e a extensão de condutas e foi definida de acordo com aspetos práticos de simplicidade de operação e de configuração da rede e dos seus acessórios. (SIGA, 2014)

Posto isto, resulta claro que a medição zonada é um instrumento de grande utilidade à quantificação das perdas de água no que às redes de distribuição diz respeito. Pode ser determinada através de dois métodos de cálculo baseados no balanço hídrico e na observação do comportamento dos consumos: o método dos caudais totais e o método dos caudais noturnos, sendo que apenas o primeiro foi utilizado neste estudo.

As ZMC estudadas nesta dissertação são abastecidas pelo reservatório nº3, de Perosinho, e denominam-se por R3Z1 e R3Z2. Abrangem as freguesias de Perosinho, Serzedo, Sermonde, Grijó e Canelas, totalizando uma extensão de rede de cerca de 76km.

A primeira ZMC é controlada à saída do reservatório e a R3Z2, por uma válvula redutora de pressão hidroestabilizadora a jusante. Ambas possuem um equipamento de monitorização e controlo digital, em tempo real, do caudal e da pressão que permite a inspeção diária da rede, possibilitando um maior controlo das perdas de água o que facilita a realização do balanço hídrico. A informação recolhida é enviada para o sistema de Telegestão instalado na sede da EG que permite incorporar o controlo dessas mesmas zonas, tornando a leitura e a gestão da rede mais facilitadas.

No caso de se verificar que nestas ZMC há uma elevada tendência para a ocorrência de consumos fraudulentos, estes podem ser detetados comparando os valores dos caudais faturados com os que estão verdadeiramente a ser consumidos. Contudo, esta solução requereu um elevado investimento, pois implicou a instalação de contadores de elevada precisão na entrada das ZMC e a adaptação de *data loggers* a estes, que possibilitam o registo e envio contínuo de dados. Posteriormente, através da faturação mensal destas zonas poder-se-á verificar se existem diferenças entre os consumos reais e os faturados e em caso afirmativo, poder-se-á concluir que ou a água está a ser perdida na rede (perdas reais) e/ou existem situações ilícitas (perdas aparentes). Por fim, para se verificar esta situação, a única solução é o envio de técnicos ao local, optando-se primeiramente pela análise dos contadores ou das possíveis ligações ilícitas (tarefas mais rápidas de concretizar) e só depois a procura pelas fugas de água.

A Fig. 4.2 mostra as ZMC estudadas nesta dissertação.

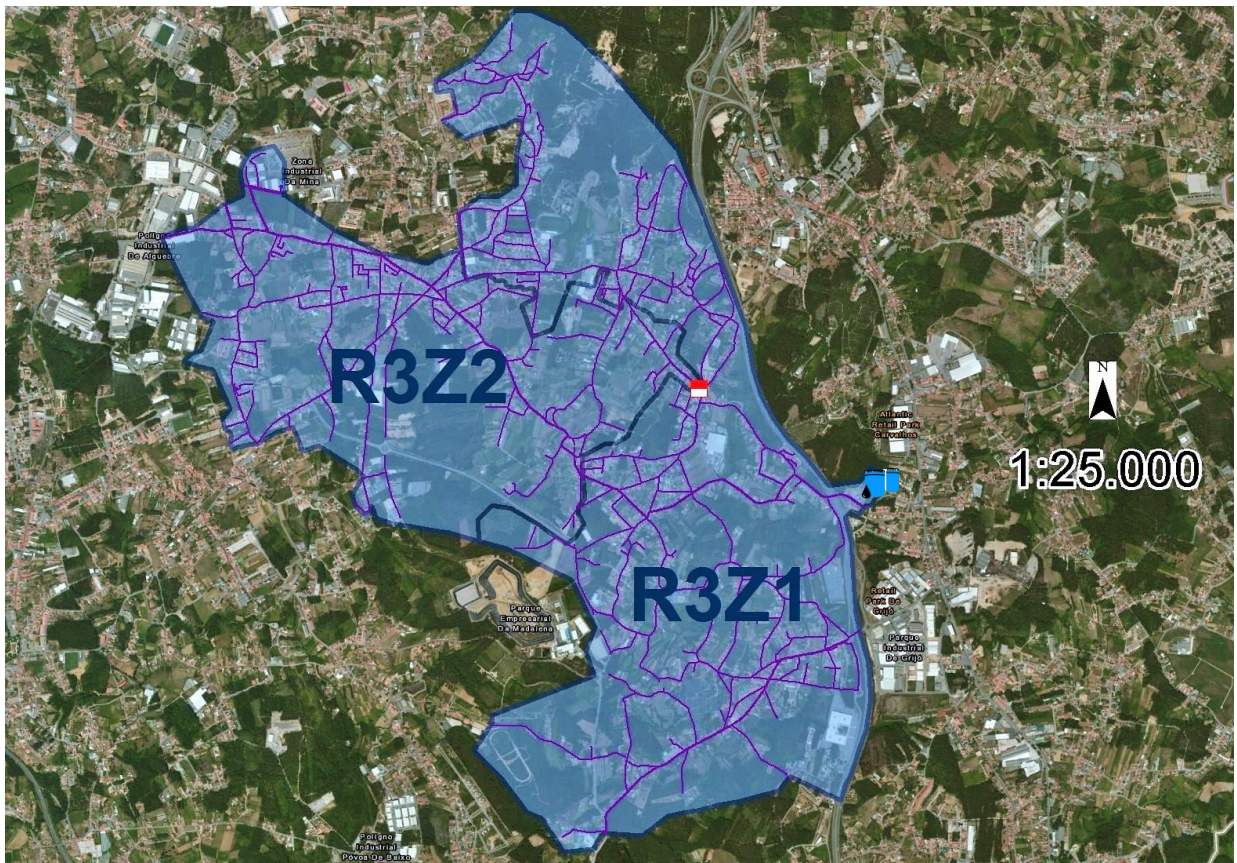


Figura 4. 2 - Identificação das ZMC estudadas nesta dissertação.

4.1.3 TELEGESTÃO

Uma das mais-valias que a Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A. conta hoje em dia é de um sistema de telegestão. Esta solução, ainda que em desenvolvimento, permite à Empresa obter melhores resultados em termos de serviço, como na gestão eficiente da água, na otimização dos serviços aos clientes e na melhoria da satisfação dos mesmos, nas solicitações das entidades reguladoras e na conservação da própria água. A EG consegue assim, através de uma supervisão centralizada, tomar decisões que visam o aumento da sua eficiência e a diminuição de custos (SIGA, 2014).

Conforme descrito anteriormente, cada ZMC criada pela EG dispõe de um sistema de telegestão que permite a medição e comunicação de informações pré-estabelecidas. Os contadores eletrônicos instalados enviam a informação do consumo para a central, que gere toda a informação recolhida, evitando-se desta forma o envio de técnicos ao local, uma grande ajuda numa EG com tamanha dimensão (Fernandes, 2014).

A telegestão consiste num sistema de telemetria no seu expoente máximo. É constituído por diversos equipamentos (*Hardware* e *Software*), que integralmente concorram para a gestão, monitorização e comando dos órgãos finais de controlo do sistema. Através dele, consegue-se toda a gestão da rede, proporcionando uma maior eficácia associada a um menor custo e respondendo a problemas de gestão de infraestruturas deficitárias (Carvalho, 2014).

O sistema de telegestão possibilita incorporar numa única plataforma um vasto conjunto de ferramentas, apresentando uma série de vantagens na sua utilização como (SIGA, 2014):

- 💧 Segurança na exploração da rede, pois é possível a configuração de alertas para a ocorrência de possíveis anomalias, como, por exemplo, níveis dos reservatórios muito altos ou baixos, faltas de pressão, faltas de energia elétrica ou avarias nos grupos de bombagem;
- 💧 Conhecimento em tempo real de informações de funcionamento da rede (caudais, níveis dos reservatórios, pressões, entre outras);
- 💧 Comando à distância de elementos da rede (grupos de bombagem e válvulas);
- 💧 Gestão da energia elétrica de todas as instalações de bombagem e tratamento;
- 💧 Controlo de qualidade para verificação em tempo real dos parâmetros da qualidade da água;
- 💧 Armazenamento de dados que são editados em forma de balanços ou estatísticas de funcionamento;
- 💧 Gestão eficiente do consumo energético das unidades de bombagem;
- 💧 Integração de soluções de segurança contra intrusos.

Contudo, este tipo de sistema acarreta um elevado custo não só de instalação como de manutenção, pois implica a formação de técnicos especializados, capazes de saber responder devidamente às solicitações do sistema, sobretudo os sinais de alarme gerados.

O sistema de telegestão existente na Águas de Gaia conta com as seguintes componentes:

Unidades Locais – Compostas por um contador eletromagnético, um emissor de impulsos, um módulo de comunicação remota e um contador eletrónico. Estas unidades são responsáveis pela leitura, registo e transmissão de dados;

Sistema de comunicações – Faz a comunicação entre as unidades locais e a unidade remota, através da utilização de distintas redes de comunicação;

Unidade remota – Destinada à recolha e processamento de dados de consumo, integrada no sistema de faturação e de gestão de clientes da EG. A comunicação é feita por cabo, ADSL e, em caso de falha, por rede sem fios GPRS.

Dado o enorme investimento que a Empresa fez neste sistema, procura-se que o valor da ANF se reduza substancialmente de forma a compensar esse custo. Outro ponto a ter em consideração prende-se com a necessidade que a EG tem de uma gestão adequada de análise dado o enorme volume de dados que é gerado periodicamente.

Com o sistema atualmente em vigor, a Empresa consegue obter os seguintes gráficos referentes aos volumes de saída de água dos reservatórios.

Os exemplos que se seguem correspondem aos dados da água à saída do reservatório 3, e que abastece as duas ZMC, ao longo de um ano, de um mês, de uma semana e até mesmo de um dia.

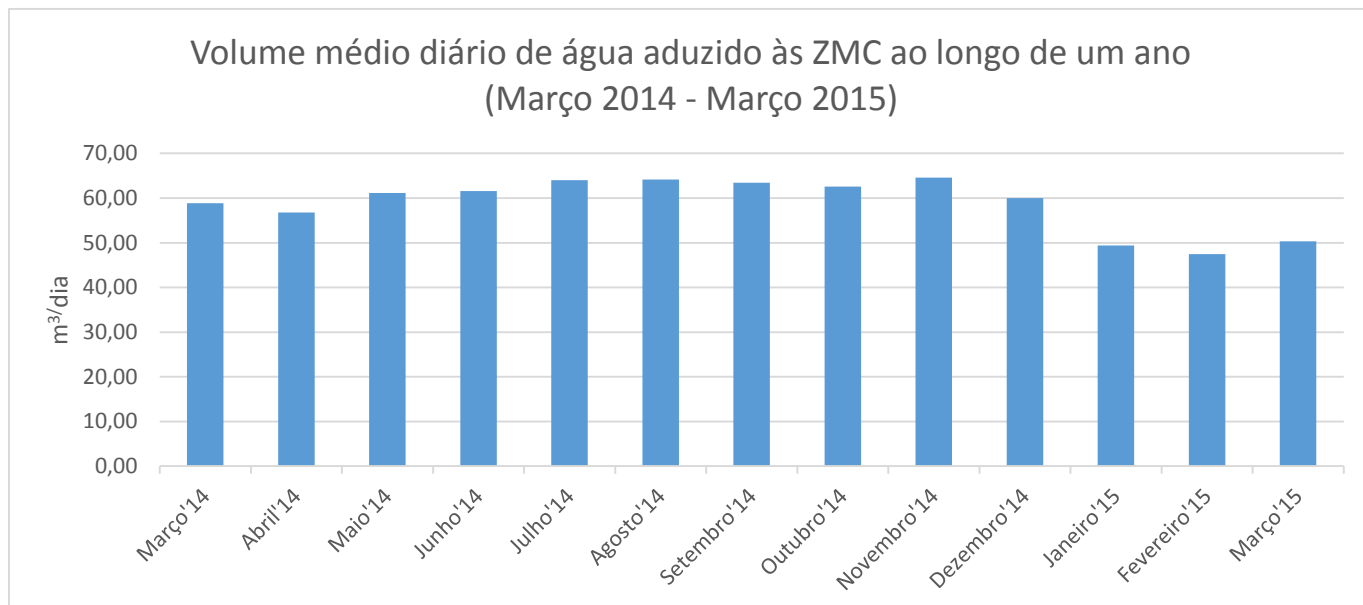


Figura 4. 3 - Evolução do volume médio diário aduzido às ZMC ao longo de um ano.

Obtidos os dados diários, e calculando uma média do volume diário aduzido à rede para cada mês, é possível obter-se um gráfico elucidativo da variação de volume fornecido à rede ao longo de um ano. Através de uma rápida análise de um gráfico deste tipo, é possível verificar que foram nos meses de maior calor (Julho, Agosto e Setembro de 2014) que, em média, o volume diário de entrada, nas ZMC foi superior, por forma a satisfazer as necessidades da população. Por outro lado, nos meses mais chuvosos como Janeiro, Fevereiro e Março de 2015, registaram-se menores volumes diários de água aduzidos à rede, nunca ultrapassando, em média, os 50 m³ por dia.

Ao longo de um mês, neste caso o de Março de 2015, a média diária dos dados obtidos no sistema permite verificar que a tendência de consumo de água repete-se ao longo das semanas, podendo mesmo falar-se num padrão pois os dias de maior necessidade de volume de água correspondem sempre aos sábados (dia 7, 14, 21 e 28).

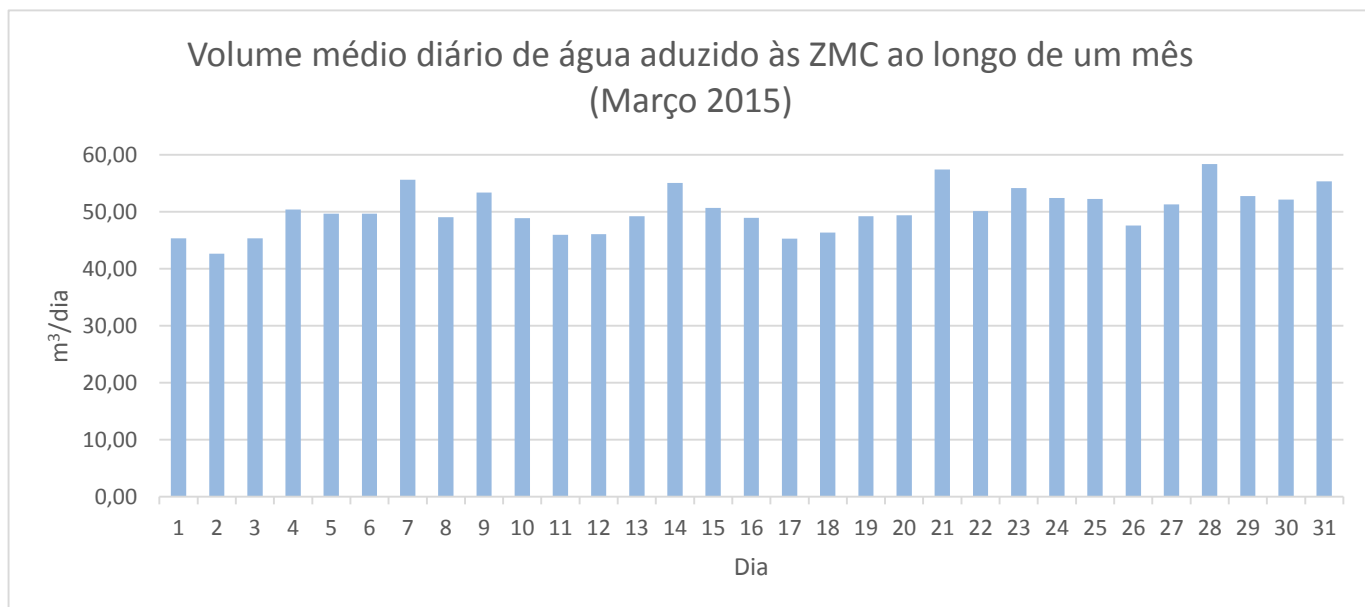


Figura 4. 4 - Evolução do volume médio diário aduzido às ZMC ao longo de um mês.

Relativamente a um gráfico semanal, comprova-se mais uma vez um maior consumo médio diário de água ao fim de semana, principalmente ao sábado e domingo. Esta situação é a esperada pois é nesses dias que as famílias passam mais tempo em casa e, portanto, necessitam de um maior volume de água para satisfazer as suas necessidades. Tarefas domésticas como a rega dos jardins ou a lavagem de roupa, tendem a ser realizadas durante os fins de semana, pois é quando as famílias têm mais tempo.

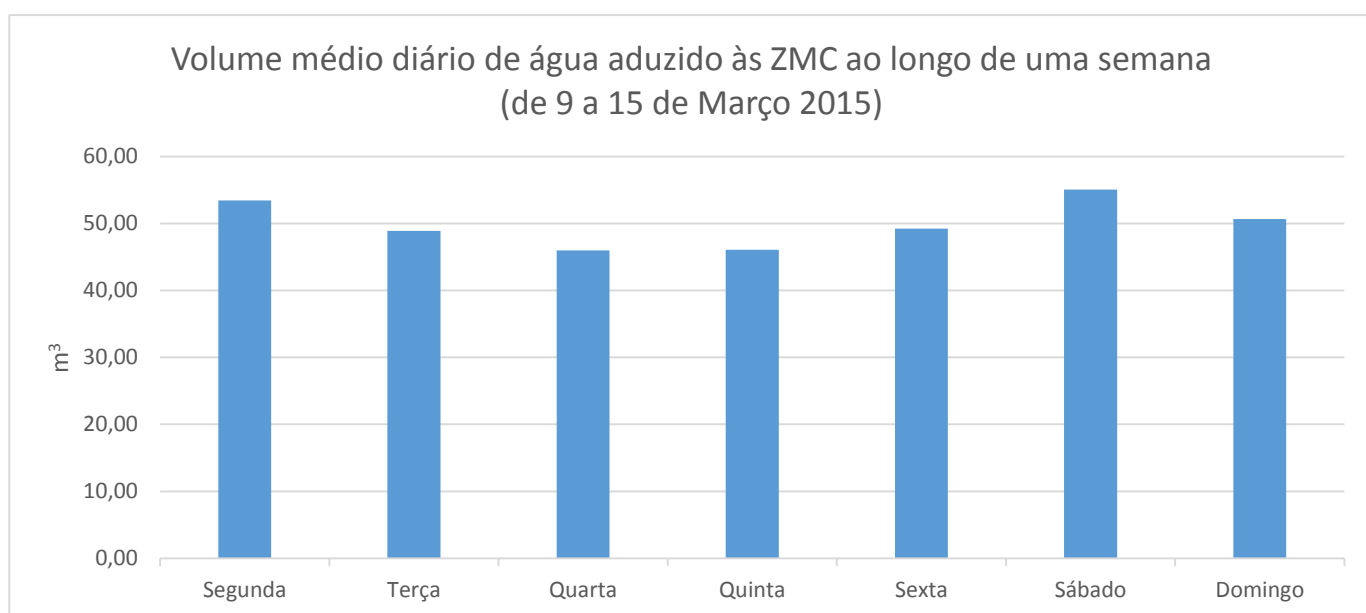


Figura 4. 5 - Evolução do volume médio diário aduzido às ZMC ao longo de uma semana.

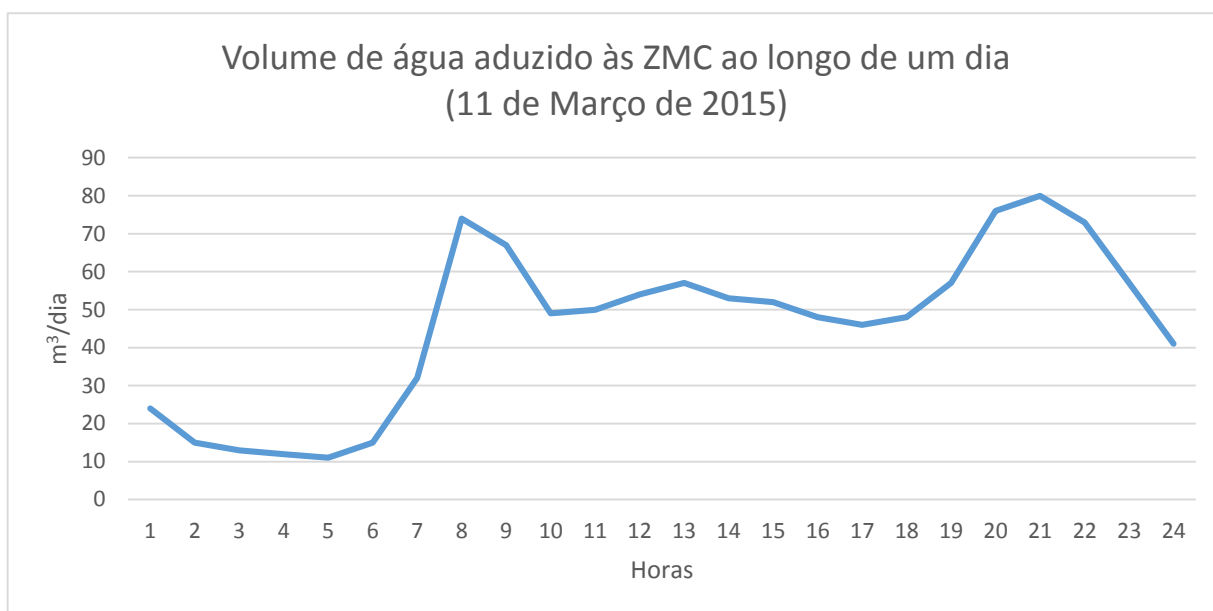


Figura 4. 6 - Evolução do volume de água aduzido às ZMC ao longo de um dia.

Conforme esperado, durante o período noturno (da 1 às 5 da manhã) a população acordada e a necessitar de água é menor, logo o volume de água aduzido à rede foi menor. A partir das 6 horas, as famílias iniciam as suas rotinas, bem como a maioria do comércio e indústria, sendo o pico de necessidade de água às 8 da manhã. De seguida segue-se um período de menor consumo até às 13 horas, altura de almoço e, portanto, maior necessidade de água para a preparação das refeições e limpezas. Após este pico, segue-se um período de diminuição de volume de água necessária, pois a generalidade dos indivíduos encontram-se a trabalhar. O volume de água aduzido à rede volta depois a aumentar a partir das 18h aquando do regresso das famílias às habitações e início das atividades domésticas como a preparação de refeições. O pico de consumo de água ocorre por volta das 21 horas, para ir diminuindo gradualmente conforme os indivíduos se deitam. No dia seguinte, o ciclo repete-se novamente.

A Fig 4.7 foi retirada do sistema de telegestão da Empresa, referente à monitorização do reservatório R3, analisado nesta dissertação.

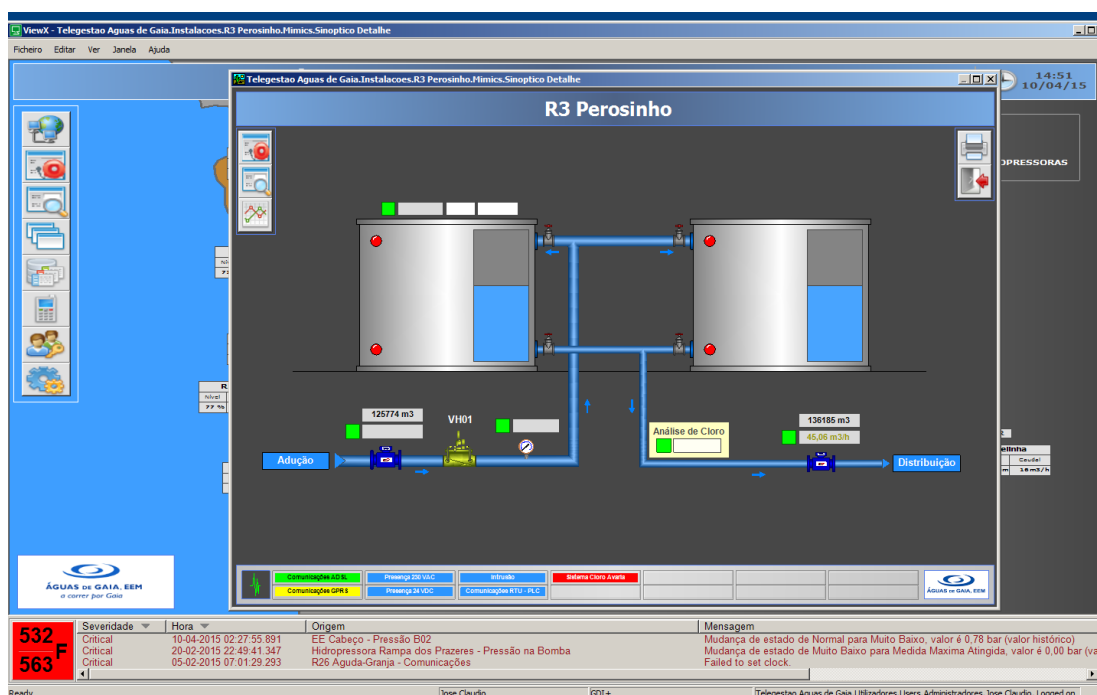


Figura 4. 7 - Sistema de telegestão da Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A.

4.1.4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Os sistemas de informação geográfica consistem atualmente numa ferramenta informática capaz de gerir toda a informação baseada na localização geográfica. Têm como objetivo a combinação de dados provenientes de diferentes fontes, criando novas informações pelo que se tornaram numa importante ferramenta espacial de apoio à decisão (Fallis, et al., 2011).

Através deles é possível ver, compreender, questionar, interpretar e visualizar dados de inúmeras formas, mostrando relações, padrões e tendências espaciais, concretizadas em mapas, globos, relatórios ou gráficos (ESRI Portugal, 2013a).

A sua progressão e implementação está em notório desenvolvimento, tendo em conta que todo o nosso pensamento se organiza em torno da geografia (ESRI Portugal, 2013a).

Relativamente ao caso de estudo, para a Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A. o SIG criado permitiu à Empresa dispor de um cadastro centralizado e atualizado da sua área de atuação (ESRI Portugal, 2013a).



Figura 4. 8 - Mapa de Vila Nova de Gaia.

Selecionada em 1999, a tecnologia ESRI (Environmental Systems Research Institute) Portugal permitiu criar um cadastro de infraestruturas do concelho, cujos principais objetivos foram:

- Criar um cadastro o mais aproximado possível da realidade do território concelhio;
- Integrar esta informação com as bases de dados existentes;
- Disponibilizar internamente a informação em tempo real;
- Fazer modelação da rede de água e saneamento.

O projeto permitiu a integração de um conjunto de informação, a maior parte em papel, num sistema dinâmico.

Aquando da aquisição do *ArcView* por parte da EG e, com base na informação existente e registadas as características mais importantes, tornou-se possível a digitalização de toda a rede de distribuição e adução de água, bem como da de saneamento.

Não obstante, a aquisição do *MapObject* e dos ortofotomapas, juntamente com o desenvolvimento interno, tornou possível georreferenciar as vias e números de polícia. Com esta informação essencial, conseguiu-se a ligação à base de dados dos clientes, sendo assim possível saber a situação do cliente relativamente à sua ligação de saneamento.

Com a georreferenciação, conseguiu-se calcular também as taxas de cobertura territorial atingidas pelas redes de saneamento e de abastecimento de água, considerando a extensão das redes instaladas e das ruas que lhes correspondem.

Através da implementação e atualização do SIG, a Empresa obteve assim um conhecimento em tempo real das infraestruturas existentes no terreno, o que permitiu aos serviços técnicos elaborar um planeamento com uma visão mais integrada dos sistemas. Toda a informação de infraestruturas existente encontra-se disponível internamente a partir de um programa criado na Empresa. Futuramente, será usado o *ArcGIS Server*, que permitirá um acesso mais fácil, assim como, a integração dos sistemas existentes.

Aliado ao sistema de telemetria, o SIG tornou possível delimitar uma zona de intervenção e levá-la para o local, sabendo, de antemão, quais as características do material existente que vai ser substituído.

Com a ligação à base de dados de consumos é possível a obtenção de informações, por porta, dos consumos de cada cliente (ESRI Portugal, 2013a).

Por fim, a EG espera no futuro vir a usufruir da modelação da rede de água, usando para isso a ferramenta Infrasisg da Esri Portugal.

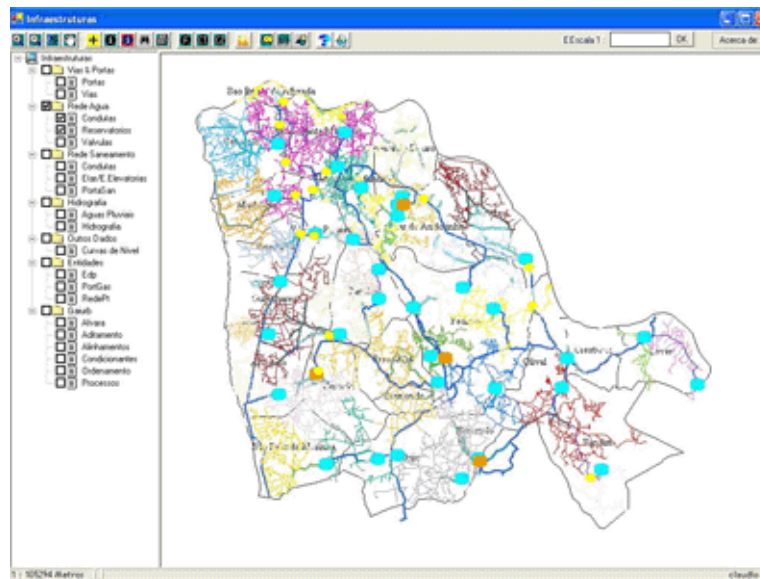


Figura 4. 9 - Programa infraestruturas criado pela empresa.

Um exemplo dessa combinação entre o SIG da EG e o seu sistema de telemetria são os mapas seguintes. Estes resultam da utilização do *software ArcGis 10.0* e dos dados do sistema de telemetria, guardados em ficheiros Excel.

Produzido pela ESRI, o *ArcGis* integra um conjunto de *softwares* de SIG e fornece ferramentas baseadas em padrões para a realização de análise espacial, armazenamento, manipulação, processamento de dados geográficos e mapeamento (Silva, 2010). Pode ser implementado num único computador ou em rede de estações de trabalho e servidores (Universidade Federal de Alagoas, 2015)

Fazem parte dos seus constituintes as seguintes aplicações (Silva, 2010):

- **ArcCatalog:** Permite a gestão dos dados a serem analisados (conexão, pré-visualização, criação de arquivos, modificação, entre outros);
- **ArcMap:** Aplicação central do *ArcGis* que permite trabalhar com os dados e as informações geográficas, com outras inúmeras questões relacionadas com a análise espacial e ainda gerar mapas;
- **ArcToolBox:** Constituída por diversas ferramentas e extensões do *ArcMap* que permitem a realização de uma série de operações mais elaboradas com dados geográficos;

- **ArcReader:** Permite a visualização e exploração de arquivos já desenvolvidos no *ArcMap*;
- **ArcScene:** Possibilita a elaboração de dados geográficos em 3D, bem como de criar vídeos e animações;
- **ArcGlobe:** Apresenta um globo terrestre onde se pode navegar em três dimensões.

Recorrendo ao sistema de telemetria da EG, foi possível exportar os dados relativos aos volumes aduzidos às ZMC em estudo, de Janeiro, Fevereiro e Março de 2013, 2014 e 2015 para um ficheiro *Excel*. De seguida, através do *ArcGis* e utilizando os *layers* fornecidos pela Empresa de toda a rede em estudo, importaram-se os dados de *Excel*. Desta combinação, resultaram 3 mapas elucidativos da evolução do volume de água que foi necessário fornecer a cada ZMC de forma a suprimir as necessidades mensais destas.

Caso se verifique um aumento drástico do volume aduzido a uma ZMC em homólogo período do ano, poder-se-á colocar a hipótese de um aumento significativo de perdas de água. Desta feita, dever-se-á fazer uma análise de toda a rede em busca de perdas reais e aparentes.

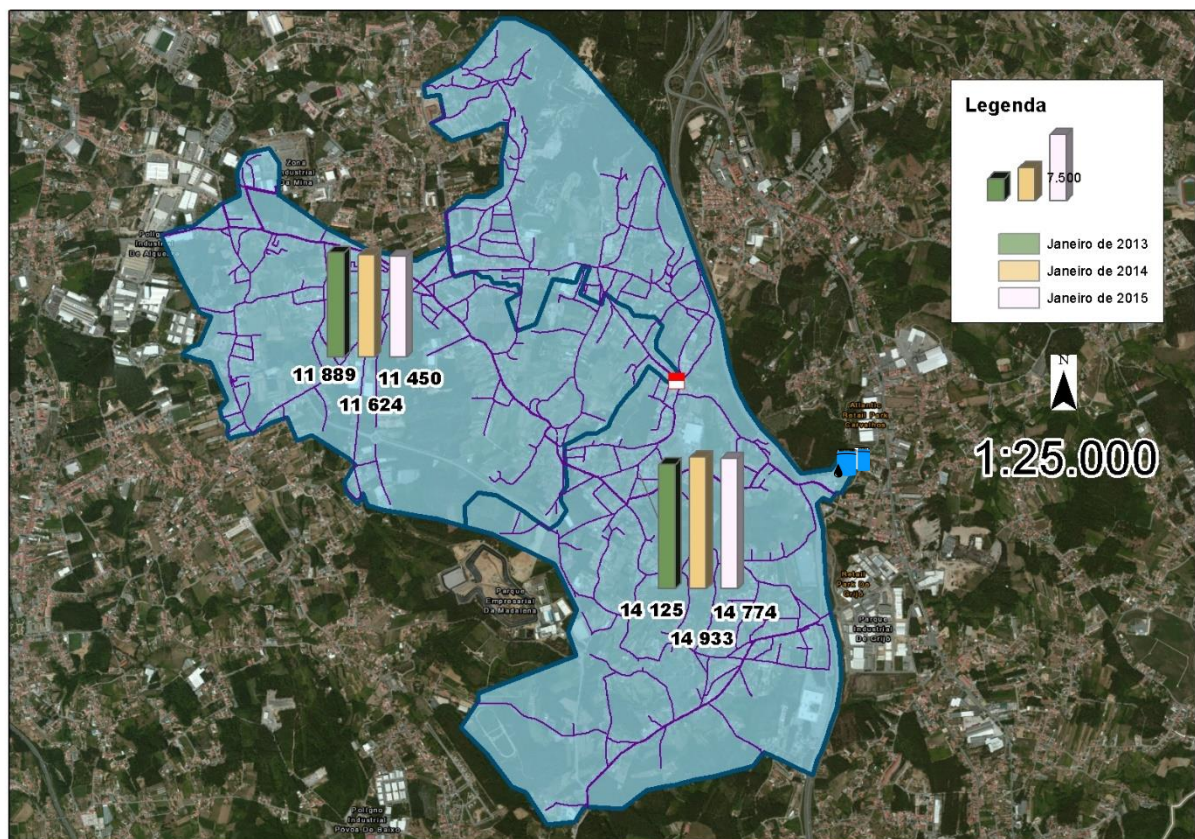


Figura 4. 10 - Representação dos volumes de água aduzidos a cada ZMC nos meses de Janeiro de 2013, 2014 e 2015.

Conforme nos mostra a Figura 4.10 a R3Z2 não apresentou uma grande variabilidade no volume de água que lhe foi fornecido no mês de Janeiro dos anos analisados, pelo que se pode constatar que, muito provavelmente, não terão aumentado as perdas de água na rede. Pelo contrário, poderão até ter diminuído dado que o volume consumido também sofreu um decréscimo.

Relativamente à R3Z1, esta já demonstrou uma certa variabilidade no consumo de água em cada ano para o mês de Janeiro. Contudo, uma vez que essa diferença reflete-se apenas na casa das centenas, poder-se-á estar presente uma situação natural de variação de precipitação, o que origina menores ou maiores necessidades de água em igual período do ano.

No que diz respeito aos meses de Fevereiro analisados, a situação foi em tudo semelhante, conforme indicado na Figura 4.11.

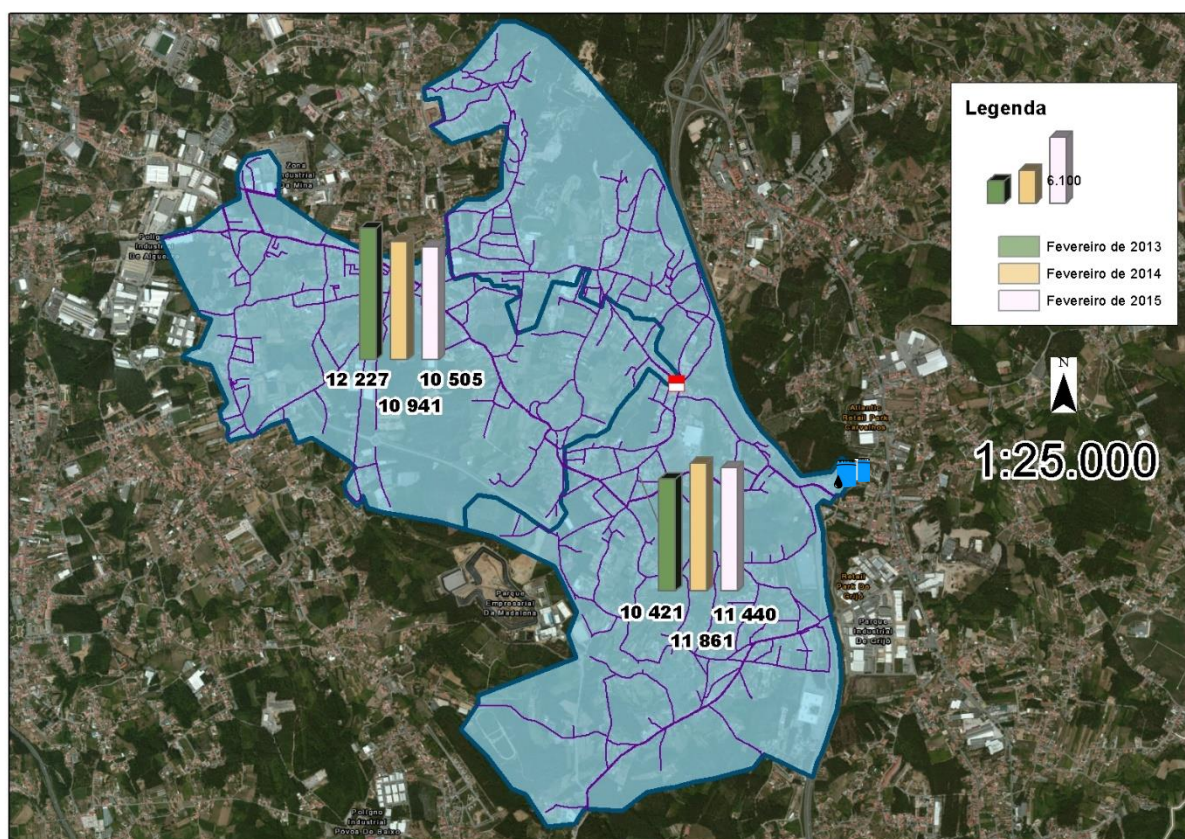


Figura 4. 11 - Representação dos volumes de água aduzidos a cada ZMC nos meses de Fevereiro de 2013, 2014 e 2015.

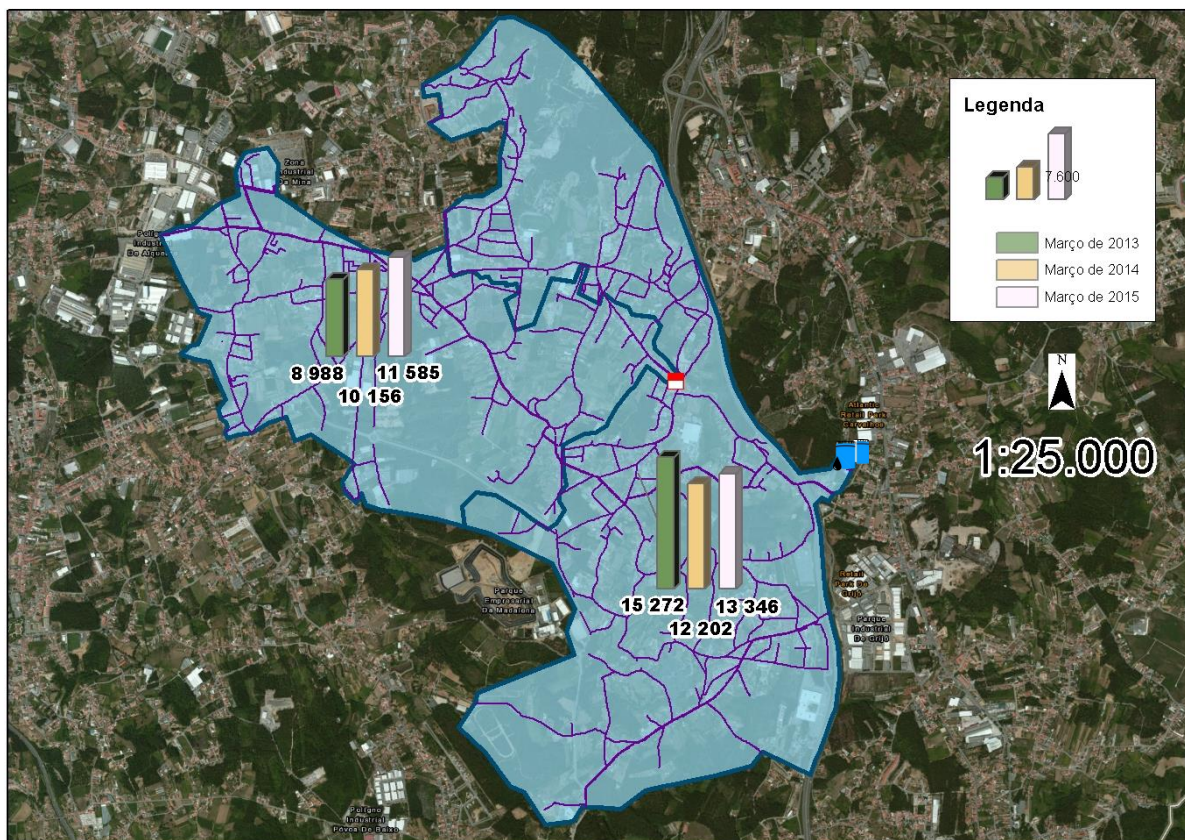


Figura 4. 12 - Representação dos volumes de água aduzidos a cada ZMC nos meses de Março de 2013, 2014 e 2015.

Para os meses de Março de 2013, 2014 e 2015, os resultados obtidos foram diferentes, sendo que ocorreu na R3Z2 um aumento do volume de entrada de água. Esta situação poderá indiciar um aumento de perdas de água e/ou simplesmente menor ocorrência de precipitação que induz um aumento de necessidade de água.

Já para a R3Z1 o cenário é também diferente, verificando-se uma diminuição seguido de um aumento de volume aduzido à rede. O decréscimo poderá resultar de menor quantidade de perdas ou uma maior ocorrência de precipitação enquanto o aumento de água consumida poderá indiciar as situações opostas.

4.1.5 BALANÇO HÍDRICO

Ciente da importância da redução das perdas de água, a EG sabe que a análise destas deverá ser precedida de uma quantificação clara de todas as componentes do balanço hídrico anual de toda a rede de distribuição, bem como dos dados em que se baseia a sua determinação. (SIGA, 2014) Para o elaborar, utiliza uma estrutura e terminologia padronizada, desenvolvidas pela *International Water Association* (IWA) que permite o cálculo de cada componente, a determinação de onde é que as perdas se localizam

(Farley, et al., 2008) e uma possível comparação do desempenho com outros operadores do setor a nível nacional e internacional (Farley, 2003).

Tendo em conta que as Águas de Gaia não possuem ainda o sistema de telemetria ligado a toda a rede de abastecimento, a realização do balanço hídrico é feito com a periodicidade de um ano, para que os desfasamentos entre os intervalos de leituras dos contadores não influenciem o seu cálculo (Alegre, et al., 2005). Contudo, a duração da dissertação não permitiria tal situação pelo que se optou por realizar apenas para os meses possíveis, Janeiro, Fevereiro e Março de 2015, para cada uma das duas ZMC, de forma a ter uma noção da dimensão, das fontes e dos custos da água não faturada que a Empresa enfrenta atualmente. Relativamente ao mês de Abril, por avaria do medidor de caudal da válvula redutora de pressão hidroestabilizadora a jusante, não foi possível a leitura do volume de entrada na R3Z2 nesse mês e, por conseguinte, a elaboração do respetivo balanço hídrico.

Posto isto, foi utilizado o método dos caudais totais, ou seja, fez-se o balanço hídrico para cada uma das zonas de medição, retirando do volume total de água entrado na ZMC, os valores dos caudais de saída obtidos nas medições efetuadas, incluindo uma estimativa do consumo. O resultado correspondeu ao volume de perdas nesse período, que foi ainda decomposto nas componentes de perdas aparentes e de perdas reais.

Através desta abordagem geral ao estado do SAA nestas duas ZMC, no que respeita à entrada e saída de volumes de água, foi possível obter uma noção relativamente à magnitude das fontes e dos custos de cada um dos seus componentes, com especial atenção para as perdas reais, aparentes e consumo autorizado não faturado.

Contudo, é necessário ter em consideração que um balanço hídrico vai acumulando erros e incertezas à medida que os dados adquiridos resultam de fontes, que possam ser pouco fiáveis. Esta situação é mais notória ainda no caso dos volumes obtidos por estimativa pelo que condiciona todo o trabalho posteriormente desenvolvido com base nestes dados (Lambert & McKenzie, 2002).

Na Tabela 4.1 apresenta-se o balanço hídrico de toda a rede elaborado pela Empresa referente ao ano 2014 (Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M, S.A., 2014) e nas Tabelas 4.2 e 4.3 os obtidos ao longo da dissertação para a R3Z1 e R3Z2, referentes aos meses de Janeiro, Fevereiro e Março.

Tabela 4. 1 - Balanço Hídrico de 2014 elaborado pela Empresa.

Balanço Hídrico de 2014				
Volume de Entrada no Sistema 18297752m ³	Consumo Autorizado 14225165m ³ 77,7 %	Consumo Autorizado, Faturado 12508664m ³ 68,4%	Faturado, Medido 7141784m ³ 39,0%	Água Faturada 12508664m ³ 68,4 %
			Faturado, Não Medido 5366880m ³ 29,4%	
		Consumo Autorizado, Não Faturado 1716501m ³ 9,3%	Não Faturado, Medido 0m ³ 0%	Água Não Faturada 5789088m ³ 31,6%
			Não Faturado, Não Medido 1716501m ³ 9,3%	
	Perdas de Água 4072587m ³ 22,3%	Perdas Aparentes 1165351m ³ 6,4%	Consumo Não Autorizado 195570m ³ 1,1%	
			Erros de Medição 969781m ³ 5,3%	
		Perdas Reais 2907236m ³ 15,9%	Fugas nos Reservatórios 175385m ³ 1,0%	
			Fugas na Rede 613375m ³ 3,3%	
			Fugas nas Ligações 1792018m ³ 9,8%	
			Roturas 326458m ³ 1,8%	

Da análise do balanço hídrico da EG referente ao ano anterior, é possível constatar a considerável percentagem de ANF de cerca de 31,6%. Relativamente à parte que diz respeito às perdas de água, 6,4% correspondem a perdas aparentes e 15,9% às reais, perfazendo um total de 22,3%.

Relativamente aos balanços hídricos mensais elaborados, apresentam-se de seguida os resultados.

Tabela 4.2 - Balanços Hídricos mensais obtidos para a R3Z1.

Balanço Hídrico da R3Z1 em Janeiro (1), Fevereiro (2) e Março (3) de 2015				
Volume de Entrada no Sistema (1) 24555m ³ (2) 18851m ³ (3) 24276m ³	Consumo Autorizado (1) 15825m ³ - 64,4% (2) 12275m ³ - 65,1% (3) 14640m ³ - 60,3%	Consumo Autorizado, Faturado (1) 14774m ³ - 60,2% (2) 11440m ³ - 60,7% (3) 13554m ³ - 55,8%	Faturado, Medido (1) 8288m ³ - 56,1% (2) 6395m ³ - 55,9% (3) 7428m ³ - 54,8%	Água Faturada (1) 14774m ³ - 60,2% (2) 11440m ³ - 60,7% (3) 13554m ³ - 55,8%
			Faturado, Não Medido (1) 6486m ³ - 43,9% (2) 5045m ³ - 44,1% (3) 6126m ³ - 45,2%	
		Consumo Autorizado, Não Faturado (1) 1051m ³ - 4,3% (2) 835m ³ - 4,4% (3) 1086m ³ - 4,5%	Não Faturado, Medido (1) 0m ³ - 0% (2) 0m ³ - 0% (3) 0m ³ - 0%	
			Não Faturado, Não Medido (1) 1051m ³ - 4,3% (2) 835m ³ - 4,4% (3) 1086m ³ - 4,5%	
	Perdas de Água (1) 8730m ³ - 35,6% (2) 6576m ³ - 34,9% (3) 9636m ³ - 39,7%	Perdas Aparentes (1) 1214m ³ - 4,9% (2) 938m ³ - 5,0% (3) 1203m ³ - 5,0%	Consumo Não Autorizado (1) 26m ³ - 0,10% (2) 25m ³ - 0,13% (3) 28m ³ - 0,12%	
			Erros de Medição (1) 1189m ³ - 4,8% (2) 913m ³ - 4,8% (3) 1175m ³ - 4,8%	
		Perdas Reais (1) 7516m ³ - 30,6% (2) 5638m ³ - 29,9% (3) 8433m ³ - 34,7%	Fugas nos Reservatórios (1) 0m ³ - 0% (2) 0m ³ - 0% (3) 0m ³ - 0%	Água Não Faturada (1) 9781m ³ - 39,8% (2) 7411m ³ - 39,3% (3) 10722m ³ - 44,2%
			Fugas na Rede (1) 5838m ³ - 23,8% (2) 4854m ³ - 25,8% (3) 9706m ³ - 40,0%	
			Fugas nas Ligações (1) 881m ³ - 3,6% (2) 733m ³ - 3,9% (3) 1106m ³ - 4,6%	
			Roturas (1) 796m ³ - 3,2% (2) 51m ³ - 0,3% (3) 0m ³ - 0,0%	

Observando o a tabela anterior, referente à R3Z1, é possível constatar que percentagem de água não faturada não apresentou uma grande variabilidade ao longo dos três meses de estudo, variando apenas entre 39,3% e 44,2%. No que diz respeito às perdas de água, estas mantiveram-se também constantes, oscilando entre 34,9% e 39,7%, sendo que as perdas aparentes corresponderam a, aproximadamente, 5,0% desse valor.

Relativamente ao balanço hídrico da ZMC R3Z2, este apresentou os seguintes resultados

Tabela 4. 3 - Balanços Hídricos mensais obtidos para a R3Z2.

Balanço Hídrico da R3Z2 em Janeiro (1), Fevereiro (2) e Março (3) de 2015				
Volume de Entrada no Sistema (1) 12265m ³ (2) 13025m ³ (3) 13125m ³	Consumo Autorizado (1) 12268m ³ – 100% (2) 11600m ³ – 89,1% (3) 13084m ³ – 99,7%	Consumo Autorizado, Faturado (1) 11450m ³ – 93,4% (2) 10505m ³ – 80,7% (3) 11708m ³ – 89,2%	Faturado, Medido (1) 6481m ³ – 56,6% (2) 6124m ³ – 58,3% (3) 6720m ³ – 57,4%	Água Faturada (1) 11450m ³ – 93,4% (2) 10505m ³ – 80,7% (3) 11708m ³ – 89,2%
			Faturado, Não Medido (1) 4969m ³ – 43,4% (2) 4381m ³ – 41,7% (3) 4988m ³ – 42,6%	
		Consumo Autorizado, Não Faturado (1) 818m ³ – 6,7% (2) 1095m ³ – 8,4% (3) 1376m ³ – 10,5%	Não Faturado, Medido (1) 0m ³ – 0% (2) 0m ³ – 0% (3) 0m ³ – 0%	Água Não Faturada (1) 815m ³ – 6,6% (2) 2520m ³ – 19,3% (3) 1417m ³ – 10,8%
			Não Faturado, Não Medido (1) 818m ³ – 6,7% (2) 1095m ³ – 8,4% (3) 1376m ³ – 10,5%	
	Perdas de Água (1) -3m ³ – 0,0% (2) 1425m ³ – 10,9% (3) 41m ³ – 0,3%	Perdas Aparentes (1) 582m ³ – 4,7% (2) 619m ³ – 4,8% (3) 630m ³ – 4,8%	Consumo Não Autorizado (1) 8m ³ – 0,07% (2) 10m ³ – 0,08% (3) 16m ³ – 0,12%	
			Erros de Medição (1) 574m ³ – 4,7% (2) 609m ³ – 4,7% (3) 614m ³ – 4,7%	
		Perdas Reais (1) -585m ³ – -4,8% (2) 805m ³ – 6,2% (3) -589m ³ – -4,5%	Fugas nos Reservatórios (1) 0m ³ – 0% (2) 0m ³ – 0% (3) 0m ³ – 0%	
			Fugas na Rede (1) -782m ³ – -6,4% (2) 690m ³ – 5,3% (3) -687m ³ – -5,2%	
			Fugas nas Ligações (1) -130m ³ – -1,1% (2) 115m ³ – 0,9% (3) -4121m ³ – -31,4%	
			Roturas (1) 327m ³ – 2,7% (2) 0m ³ – 0,0% (3) 0m ³ – 0,0%	

Da análise deste balanço hídrico facilmente se percebe o motivo pelo qual esta metodologia deve ser adotada apenas para períodos de tempo superiores ou iguais a um ano. Dada a complexidade da estimativa de todas as componentes e a sua variabilidade mensal, é possível que resultem em casos peculiares como o de Janeiro em que se obteve um volume de consumo autorizado superior ao volume de entrada no sistema. Conforme será mais adiante explicado, o consumo autorizado resulta da soma do consumo autorizado, faturado, com o não faturado, pelo que um consumo autorizado não faturado sobrevalorizado, como o caso de Janeiro, resulta num consumo autorizado também ele acrescido.

Relativamente às perdas de água, estas foram negativas nesse período, pois são dadas pela subtração do consumo autorizado ao volume de entrada no sistema. Quanto à componente das

perdas reais, que advém das perdas de água menos as perdas aparentes, estas foram negativas quando as perdas de água, já acima explicadas, foram inferiores às perdas aparentes estimadas.

Por comparação dos balanços hídricos das duas ZMC é possível verificar que a R3Z2 apresenta uma percentagem de água não faturada bastante inferior à registada em igual período na R3Z1. Contudo, não é possível tirar conclusões sobre qual apresenta mais perdas uma vez que na R3Z2 não se conseguiu obter uma estimativa aceitável desses valores.

As várias componentes do balanço hídrico podem ser descritas da seguinte forma:

Volume de Entrada no Sistema (m³)

Volume que representa a totalidade de água que entra no sistema ou no subsistema de abastecimento e que irá ser objeto do cálculo do balanço hídrico (Farley, et al., 2008);

Foi obtido através do Sistema de Telegestão, que recebeu das unidades locais a informação sobre os volumes mensais de água de entrada (m³) em cada ZMC, sendo que o volume aduzido à R3Z1 resulta da subtração do volume de entrada na R3Z2 ao volume de saída do reservatório.

Consumo Autorizado (m³)

Corresponde ao volume de água medido ou não medido, faturado ou não faturado, fornecido aos utentes registados, e outros que estejam implícita ou explicitamente autorizados a fazê-lo de acordo com o uso doméstico, comercial, industrial e institucional.

Inclui a água destinada ao combate a incêndios, operações de lavagem de condutas, coletores e ruas, rega de espaços verdes municipais, abastecimento de fontes e fontanários, proteção contra o gelo, fornecimento de água para obras, consumos da própria EG, entre outras atividades devidamente identificadas (Farley, et al., 2008);

Assim sendo, este componente foi calculado pela soma do Consumo Autorizado, Faturado (m³) e o Consumo Autorizado, Não Faturado (m³).

Consumo Autorizado (%)

Foi obtido pela razão entre o Consumo Autorizado (m³) e o Volume de Entrada no Sistema (m³).

Consumo Autorizado, Faturado (m³)

Volume de água correspondente aos consumos autorizados que são faturados e que produzem receita para a EG, ou seja, corresponde à água que foi convertida em receita (Farley, et al., 2008).

O Consumo Autorizado, Faturado foi assim obtido pela soma do Consumo Faturado, Medido (m^3) e o Consumo Faturado, Não Medido, ou seja estimado (m^3).

Consumo Autorizado, Faturado (%)

Este valor foi determinado pela razão entre o Consumo Autorizado, Faturado (m^3) e o Volume de Entrada no Sistema (m^3).

Consumo Faturado, Medido (m^3)

Corresponde ao volume que inclui todo o consumo medido e cobrado a todos os clientes (Farley, et al., 2008);

Foi obtido pela soma dos consumos faturados, resultantes das leituras reais efetuadas a todos os clientes da ZMC e registadas no sistema de faturação.

Consumo Faturado, Medido (%)

Foi calculado pela razão entre o Consumo Faturado, Medido (m^3) e a Água Faturada (m^3).

Consumo Faturado, Não Medido (m^3)

Volume correspondente a toda a água faturada com base em estimativas que não foi medido mas foi cobrado (Farley, et al., 2008);

Foi determinado pela soma dos consumos faturados, estimados (m^3) de todos os clientes da ZMC, através da análise da faturação já existente aquando da impossibilidade de fazer a leitura dos contadores.

Consumo Faturado, Não Medido (%)

Este componente foi obtido pela razão entre o Consumo Faturado, Não Medido (m^3) e a Água Faturada (m^3).

Água Faturada (m^3)

Volume de água correspondente ao consumo autorizado que é faturado e convertido em receita (Farley, et al., 2008).

Tendo em conta a sua definição, este componente foi calculado pela soma do Consumo Faturado, Medido (m^3) com o Consumo Faturado, Não Medido (m^3).

Água Faturada (%)

Foi obtido pela razão entre a Água Faturada (m^3) e o Volume de Entrada no Sistema (m^3).

Consumo Autorizado, Não Faturado (m^3)

Volume de água correspondente ao consumo autorizado que não foi faturado e que portanto, não produziu receita para a EG (Farley, et al., 2008).

Assim sendo, corresponde à soma do Consumo Não Faturado, Medido (m^3) com o Consumo Não Faturado, Não Medido (m^3).

Consumo Autorizado, Não Faturado (%)

Foi obtido pela razão entre o Consumo Autorizado, Não Faturado (m^3) e o Volume de Entrada no Sistema (m^3).

Consumo Não Faturado, Medido (m^3)

Corresponde ao volume de água que não foi faturado mas foi medido, nomeadamente, o volume de água gasto pela EG e a água fornecida gratuitamente (Farley, et al., 2008);

Assumiu-se igual a zero (m^3) por indicação da Empresa, pois todo o consumo medido é faturado.

Consumo Não Faturado, Medido (%)

Assumiu-se igual a zero (m^3) por indicação da Empresa, pois todo o consumo medido é faturado.

Consumo Não Faturado, Não Medido (m^3)

Volume ao qual se associa o consumo autorizado não faturado e não medido (Farley, et al., 2008).

Foi obtido a partir da soma destes 3 componentes: o consumo utilizado em sistemas de rega de jardins municipais (m^3), para as limpezas de ruas (m^3) e para o combate a incêndios (m^3).

O primeiro foi estimado a partir da determinação das áreas verdes pertencentes à R3Z1 e à R3Z2 cuja rega é da responsabilidade da Câmara de Vila Nova de Gaia. A determinação dessas áreas foi feita através do desenho dos polígonos correspondentes a cada jardim no *Software ArcGIS* e transferindo-as para o *Software Google Earth* que efetuou o cálculo das mesmas. Procedeu-se depois à estimativa da necessidade de rega, subtraindo a necessidade pela pluviosidade verificada em cada mês, valores estes obtidos através do IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Multiplicando estes valores de necessidade de rega pela área de rega, obteve-se assim o volume de água consumida para rega.

O consumo despendido para a limpeza de ruas foi estimado considerando que esta é feita 365 dias por ano, utilizando 10 varredoras e 20 camiões de lavagem com uma capacidade de 5 m³ e 15 m³ de água, respetivamente. Considerou-se ainda que ambos os veículos enchem o depósito 6 vezes por dia. Para saber a área de cada ZMC recorreu-se ao *Software ArcGIS*, através dos *layers* disponibilizados pela Empresa.

Relativamente à utilização de hidrantes para obtenção de água por parte dos bombeiros em situações de incêndio, esta não se verificou. Esta informação foi obtida através do contato com os Bombeiros Sapadores de Vila Nova de Gaia que afirmaram não ter ocorrido nenhum incêndio nas freguesias abrangidas pelas ZMC durante o período de tempo analisado, e como tal, não tiveram necessidade de ter recorrido a água dos hidrantes.

Consumo Não Faturado, Não Medido (%)

Esta percentagem foi calculada pela razão entre o Consumo Não Faturado, Não Medido (m³) e o Volume de Entrada no Sistema (m³).

Perdas de Água (m³)

Volume de água que corresponde à diferença entre a água entrada no sistema e o consumo autorizado e divide-se ainda em perdas reais (físicas) e aparentes (comerciais) (Farley, et al., 2008);

Foram obtidas pela diferença entre o Volume de Entrada no Sistema (m³) e o Consumo Autorizado (m³).

Perdas de Água (%)

Valor obtido pela razão entre as Perdas de Água (m³) e o Volume de Entrada no Sistema (m³).

Perdas Aparentes (m³)

Volume de água que inclui todo o tipo de erros de medição, erros humanos e informáticos, bem como todo o tipo de consumos ilícitos (Farley, et al., 2008); Este deve ser estimado com a ajuda dos melhores métodos disponíveis para definir os volumes correspondentes aos usos não autorizados e os erros de medição, passo que se revela bastante complexo pois inúmeras situações podem estar na base das perdas aparentes, entre as quais ligações ilegais, furtos de água através do sistema de combate a incêndios, atos de vandalismo a equipamentos, práticas de corrupção nas leituras, consumos ignorados, abertura de válvulas de fronteira para sistemas de distribuição vizinhos e erros resultantes da exportação e manipulação dos dados para emissão de faturação

Foram obtidas pela soma do Consumo Não Autorizado (m³) com os Erros de Medição (m³).

Perdas Aparentes (%)

Calculadas pela razão entre as Perdas Aparentes (m^3) e o Volume de Entrada no Sistema (m^3).

Consumo Não Autorizado (m^3)

Volume que corresponde a todo o tipo de usos não autorizados e compreende ligações ilegais, manipulação de contadores, roubos de água a partir das bocas de incêndio, entre outros (Farley, et al., 2008);

Foi determinado organizando os consumos médios mensais faturados de cada cliente das duas ZMC, com os dados obtidos de 2013, 2014, Janeiro, Fevereiro e de Março de 2015, por classes e tendo em conta que, de acordo com uma nota emitida à imprensa a 26 de setembro de 2012 pela ERSAR, o consumo médio de água de uma família típica portuguesa é de $10 m^3/mês$ (ERSAR, 2014a). Relativamente ao número de elementos dessa mesma família, este foi adquirido recorrendo aos dados mais recentes da população portuguesa, através do CENSOS 2011, que indicam que a população residente é de 10 562 178 indivíduos e que cada família é constituída em média por 3 elementos (INE, 2012). Assim, agruparam-se os dados obtidos pelas seguintes classes: $0 m^3$, $0-1 m^3$, $1-5 m^3$, $5-20 m^3$, $20-100 m^3$ e $>100 m^3$ e analisaram-se os clientes cujos consumos demonstraram ser anómalos, ou seja, nulos.

Das 85 instalações visitadas por técnicos da Empresa, comprovou-se que 7 apresentavam ligações ilícitas e que esses clientes consumiram indevidamente água da rede sem a pagarem. Cortadas essas ligações, calcularam-se os consumos cumulativos de cada cliente, com recurso às últimas leituras reais dos contadores registadas. Através da diferença entre a data da resolução da ilegalidade detetada e a data da última leitura real registada, calcularam-se os dias de fraude e por fim, multiplicaram-se esses dias pelo consumo médio diário do cliente, obtendo-se assim os consumos não autorizados desse mesmo cliente. O Consumo Não Autorizado resultou da soma dos consumos não autorizados de cada mês, correspondentes a cada ZMC.

Consumo Não Autorizado (%)

Foi obtido pela razão entre o Consumo Não Autorizado (m^3) e o Volume de Entrada no Sistema (m^3).

Erros de Medição (m^3)

Volume associado a todo o tipo de erros de medição, nomeadamente na leitura dos contadores, na emissão de faturas e erros introduzidos pelos contadores avariados e envelhecidos (Farley, et al., 2008);

Contudo, na realização desta dissertação só foram contabilizados os erros introduzidos pelos contadores. Esses erros de medição foram obtidos selecionando, primeiramente, as instalações das duas ZMC que apresentaram desde 2013 até à presente data, consumo nulos, de 0 a $1 m^3$, superiores a $100 m^3$ ou que pelo menos um registo de consumo nulo.

Posteriormente, ordenaram-se essas instalações por ordem crescente de data de instalação, contabilizando quantas apresentavam a última leitura do contador registrada entre 0-100 m³, entre 100-500 m³, entre 500-1000 m³ e >1000 m³.

De seguida, calcularam-se as percentagens de contadores das respectivas classes, dividindo o número de contadores de cada classe pelo número total de contadores e multiplicaram-se essas percentagens relativas pelo volume de entrada de água no sistema de cada mês analisado.

Por fim, multiplicaram-se esses valores pela matriz de erros relativos fornecida pela Empresa, obtendo-se assim o erro de medição correspondente a cada balanço hídrico mensal.

Erros de Medição (%)

Resultou da razão entre os Erros de Medição (m³) e o Volume de Entrada no Sistema (m³).

Perdas Reais (m³)

Volume de água que corresponde às perdas físicas que ocorrem no sistema sob pressão, desde a entrada da água no sistema ou subsistema até ao ponto de consumo.

Dependem da frequência, do caudal e da duração média de cada fuga, rotura e extravasamento (Farley, et al., 2008);

Foram obtidas através da diferença entre as Perdas de Água (m³) e as Perdas Aparentes (m³).

Perdas Reais (%)

Percentagem obtida pela razão entre as Perdas Reais (m³) e o Volume de Entrada no Sistema (m³).

Fugas nos Reservatórios (m³)

Corresponde ao volume de água perdido nos reservatórios, através do extravasamento por transbordo, e das aberturas resultantes da fissuração dos seus elementos estruturais (Farley, et al., 2008).

Para o estudo desta dissertação foram consideradas nulas, pois os volumes de água de entrada na R3Z1 e na R3Z2, dados pelo sistema de telemetria, são contabilizados após a saída do reservatório e da válvula respetivamente pelo que não faz sentido contabilizar as possíveis perdas a montante, ou seja, no reservatório.

Fugas nos Reservatórios (%)

Foram determinadas pela razão entre as Fugas nos Reservatórios (m³) e o Volume de Entrada no Sistema (m³).

Fugas na Rede (m³)

Corresponde ao volume de água perdido através de fugas nas condutas sob pressão. Podem ocorrer através de pequenos orifícios e, portanto, serem difíceis de detetar, ou manifestar-se sob a forma de grandes roturas que rapidamente se manifestam à superfície. Em ambos os casos estão associados significativos volumes de água perdida, dependendo da duração da fuga, da pressão a que a conduta está sujeita e da seção do orifício (Farley, et al., 2008);

Foram calculadas somando primeiramente os comprimentos das tubagens pertencentes a cada ZMC, fornecidos pela Empresa, descobrindo assim o comprimento total de cada uma das redes. De seguida, com o número de ramais de cada ZMC, fornecidos também pela EG e considerando que cada ramal tem um comprimento médio de 6 metros, obteve-se o comprimento total de ramais, ou seja, das ligações para a R3Z1 e para a R3Z2.

Obtidos estes dados, calculou-se uma percentagem relativa das Perdas Reais que correspondem a Fugas na Rede da seguinte forma:

$$\% \text{ relativa} = \frac{\text{Comprimento total das tubagens}}{\text{Comprimento total das tubagens} + \text{Comprimento total das ligações}} \times 100 \quad (4.1)$$

E por fim, as Fugas na Rede:

$$\text{Fugas na Rede (m}^3\text{)} = \% \text{ relativa} \times (\text{Perdas Reais (m}^3\text{)} - \text{Roturas (m}^3\text{)}) \quad (4.2)$$

Fugas na Rede (%)

Foram obtidas pela razão entre as Fugas na Rede (m³) e o Volume de Entrada no Sistema (m³).

Fugas nas Ligações (m³)

Volume correspondente à água que se perdeu desde a inserção do ramal de ligação na conduta de distribuição até ao ponto de medição (contador do utente). Estas perdas podem ocorrer sob a forma de fugas nas juntas de inserção e ligação ou ao longo dos ramais. São caracterizadas por apresentarem um reduzido, que dificilmente surge à superfície e, como tal, podem prolongar-se por longos períodos de tempo (geralmente anos) (Farley, et al., 2008).

Foram obtidas, calculando-se uma percentagem relativa das Perdas Reais que correspondem a Fugas nas Ligações da seguinte forma:

$$\% \text{ relativa} = \frac{\text{Comprimento total das ligações}}{\text{Comprimento total das tubagens} + \text{Comprimento total das ligações}} \times 100 \quad (4.3)$$

E por fim, as Fugas nas Ligações:

$$\text{Fugas nas Ligações (m}^3\text{)} = \% \text{ relativa} \times (\text{Perdas Reais (m}^3\text{)} - \text{Roturas (m}^3\text{)}) \quad (4.4)$$

Fugas nas Ligações (%)

Resultam da razão entre as Fugas nas Ligações (m³) e o Volume de Entrada no Sistema (m³).

Roturas (m³)

Este componente foi determinado tendo por base as notas de reparação de avarias no SAA registadas pelas Águas de Gaia referentes aos meses em estudo (Janeiro, Fevereiro e Março). Desses registos, utilizaram-se os diâmetros das condutas encontradas e as moradas das mesmas e, recorrendo ao *Software Google Earth*, acharam-se as cotas nesses mesmos pontos.

O caudal de água perdido (Q) em cada rotura foi obtido pela expressão de Quintela (Quintela, 2011):

$$Q \text{ (m}^3/\text{s)} = C \times A \text{ (m}^2) \times \sqrt{2g \text{ (m/s}^2) H \text{ (m)}} \quad (4.5)$$

Em que:

C: Coeficiente de vazão (dependente do grau de abertura e da seção de referência adotada [-])

A: Área de uma seção de referência [m²]

g: Aceleração da gravidade (9,81) [m/s²]

H: carga imediatamente a montante do orifício, medida em relação a um ponto da seção de saída, ou seja, diferença de cotas entre o local da rotura e o reservatório ou a VRP conforme pertencesse à R3Z1 ou à R3Z3 respetivamente [m]

Assumiu-se, por indicação da Empresa, C igual 0,5 e que A igual a 5% da área de seção (S) da tubagem, dada pelo raio da conduta, registado nas notas de reparação:

$$A \text{ (m}^2) = 0,05 \times (\pi r^2) \text{ (m}^2) \quad (4.6)$$

Por fim considerou-se que as roturas existiram por um período de 24h e calculou-se o volume de água perdido:

$$V \text{ (m}^3) = Q \text{ (m}^3/\text{s)} \times 3600 \text{ (s/h)} \times 24h \quad (4.7)$$

Roturas (%)

Foram obtidas pela razão entre as Roturas (m³) e o Volume de Entrada no Sistema (m³).

Água Não Faturada (m³)

Resulta da diferença entre o Volume de Entrada no Sistema (m³) e a Água Faturada (m³).

Água Não Faturada (%)

Percentagem obtida pela razão entre a Água Não Faturada (m³) e o Volume de Entrada no Sistema (m³).

4.1.6 ÁGUA NÃO FATURADA

A Fig. 4.13 mostra a evolução anual da água não faturada, entre os anos de 2001 e 2014, com base numa análise do volume médio anual (Águas de Gaia, 2015)

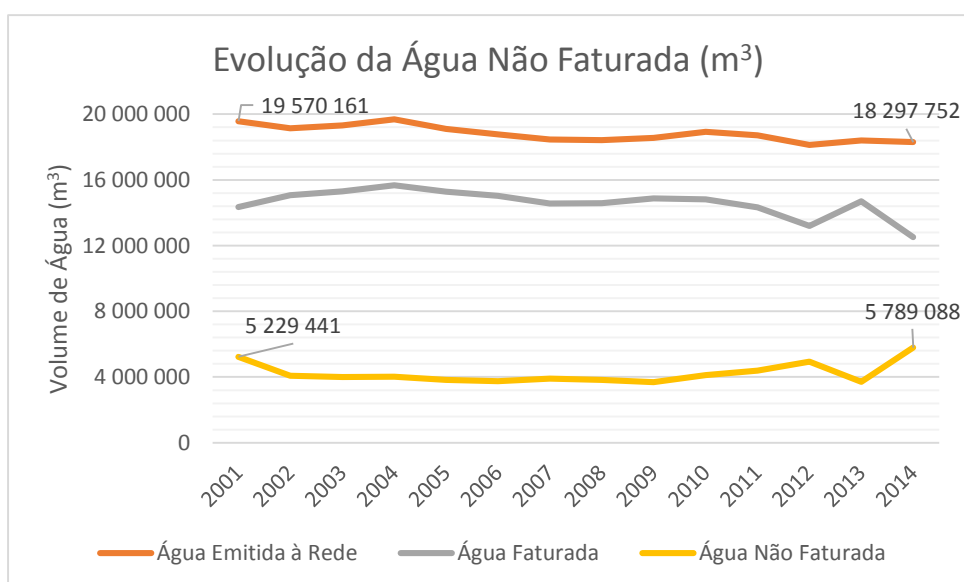


Figura 4. 13 - Evolução da ANF da Empresa

Analisando a figura anteriormente apresentada, verifica-se que entre 2001 e 2014, o volume de água não faturada passou de 5 229 441 m³/ano para 5 789 088 m³/ano, o que representa um aumento de 9,67%. Contudo o volume emitido à rede diminuiu de 19 570 161 para 18 297 752, o que em termos percentuais o que representa uma diminuição de 6,50% (Águas de Gaia, 2015). Em termos de percentagem, a ANF passou de 26,7% no primeiro ano para 31,6% em 2014 pelo que, de acordo com os valores de referência para sistemas em baixa, passou de um serviço de qualidade mediana para insatisfatória (LNEC; ERSAR, 2013).

Contudo, este aumento de ANF prende-se com a alteração das regras de faturação dos consumos do Município e das Juntas de Freguesia. Medidas como a renovação do parque de contadores e o controlo online das redes de distribuição foram implementadas por forma a controlar e reduzir, progressivamente, estas perdas. (Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M, S.A., 2014)

4.1.7 RESULTADOS OBTIDOS

Sendo um indicador de qualidade do serviço de sistemas de abastecimento de água, a percentagem de água não faturada permite avaliar o nível de sustentabilidade da gestão do serviço em termos económico-financeiros. No que diz respeito a sistemas em baixa, apesar de ser comprada, armazenada e distribuída, esta água não chega a ser faturada aos utilizadores. (LNEC; ERSAR, 2013) É definido como a percentagem de água entrada no sistema que não é faturada (LNEC; ERSAR, 2013)

Estimados os balanços hídricos mensais para cada ZMC, foi possível a análise da evolução da percentagem de ANF para cada ZMC através das seguintes figuras:

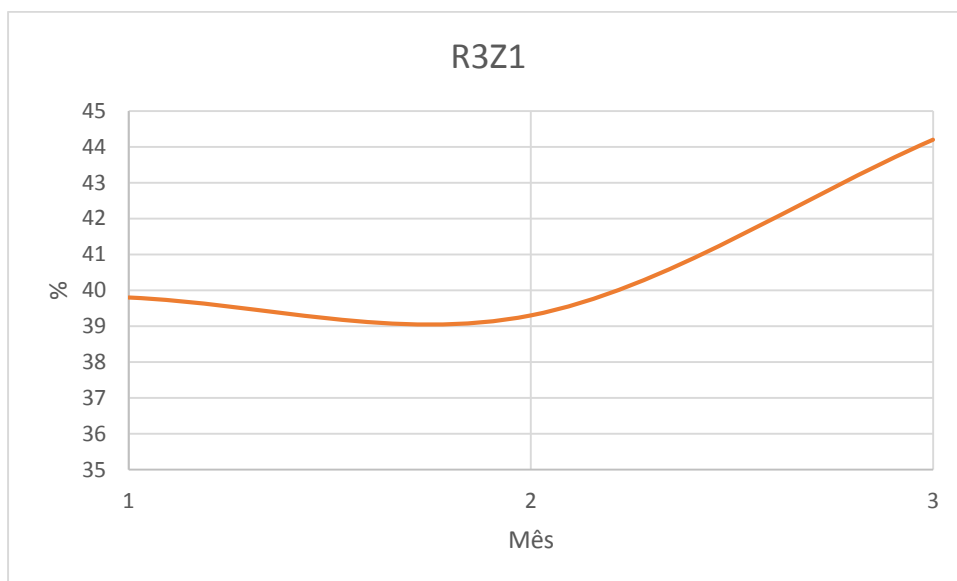


Figura 4. 14 - Evolução da percentagem de ANF na R3Z1.

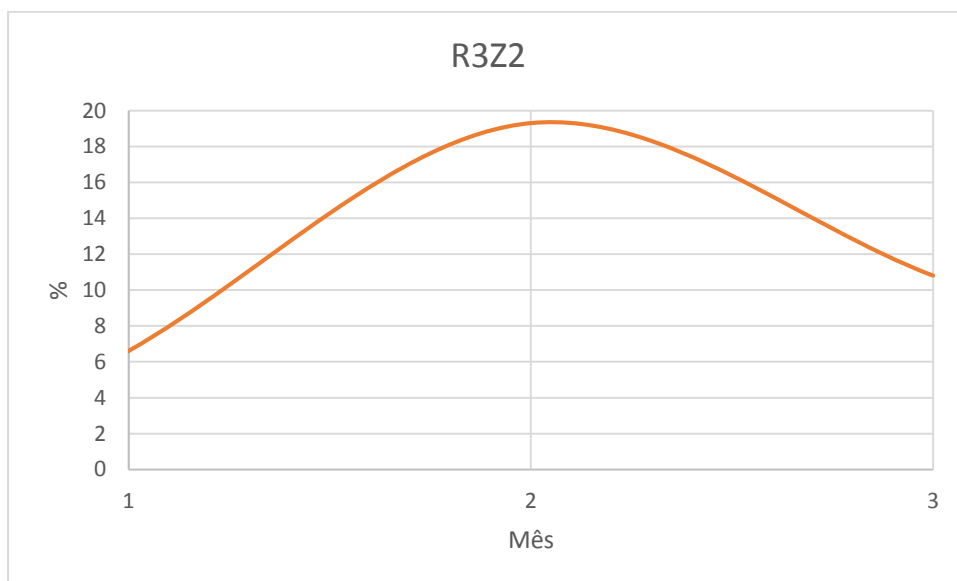


Figura 4. 15 - Evolução da percentagem de ANF na R3Z2.

No que diz respeito à R3Z1, esta apresentou sempre valores similares de água não faturada superiores a 30%, pelo que, de acordo com a bibliografia indiciam uma qualidade de serviço insatisfatória. Estes valores elevados de ANF podem corresponder a perdas de água bastante significativas.

Por outro lado a R3Z2 apresentou sempre valores inferiores a 20% pelo que a qualidade de serviço nesta ZMC é considerada boa. Contudo, o aumento que se notou no mês de Fevereiro pode indiciar um aumento de perdas de água (LNEC; ERSAR, 2013).

4.2 PERDAS DE ÁGUA EM SISTEMAS DE ABASTECIMENTO

O aumento dos custos da exploração dos SAA conduziu a que, atualmente, muitas EG melhorassem a eficiência dos seus sistemas de distribuição, através da redução das perdas de água (Mutikanga, 2012) pois estas representam uma das suas principais fontes de ineficiência. Este problema, assume uma importância cada vez maior na atual tendência para privilegiar a sustentabilidade dos serviços, a dificuldade no acesso a água de qualidade e a proteção do ambiente, sendo um tema com bastante visibilidade mediática e política, sobretudo em períodos de escassez de água ou quando as EG são postas à prova em processos de mudança (Lima, 2011)

A verdade é que, em comparação com outros setores produtivos, são poucos os que perdem, no seu processo de transporte e distribuição, quantidades tão significativas do produto produzido.

Consideram-se perdas, toda a água que não é faturada nem utilizada para usos autorizados mas que foi captada, tratada e transportada, com todos os custos de operação que lhe estão associados. Apesar de não ser possível a criação de redes totalmente estanques pois as fugas e extravasamentos são inevitáveis, uma rede bem construída e mantida apresenta perdas bastante menos significativas (Alegre, et al., 2005). No entanto, as perdas de água não podem ser caracterizadas como algo puramente físico uma vez que mesmo depois desta ser entregue ao consumidor, pode, por alguma ineficiência, não ser faturada. Contudo, permanecem intrínsecos todos os custos de produção e transporte sem que no final se obtenha qualquer receita. Podem-se dividir assim as perdas de água em reais (físicas, ou seja, até ao contador do consumidor), e aparentes (não físicas, devidas a erros de medição ou violação por parte do consumidor) (Carvalho, 2014)

A água não faturada corresponde assim ao volume de água resultante da diferença entre o total à entrada no sistema e o consumo autorizado faturado. Envolve não só as perdas reais e aparentes, mas também o consumo autorizado não faturado (Martins, 2014a).

Com a redução das perdas de água, consegue-se mesmo uma alternativa económica à exploração de novos recursos que necessita por vezes de um elevado custo, tais como novas barragens, poços profundos ou dessalinização (Fallis, et al., 2011)

O primeiro passo para reduzir as perdas de água é a elaboração de um balanço hídrico. Este permite que a EG conheça a dimensão, as fontes e os custos da água não faturada, associada a questões de natureza diversa entre as quais (Pinto, 2011):

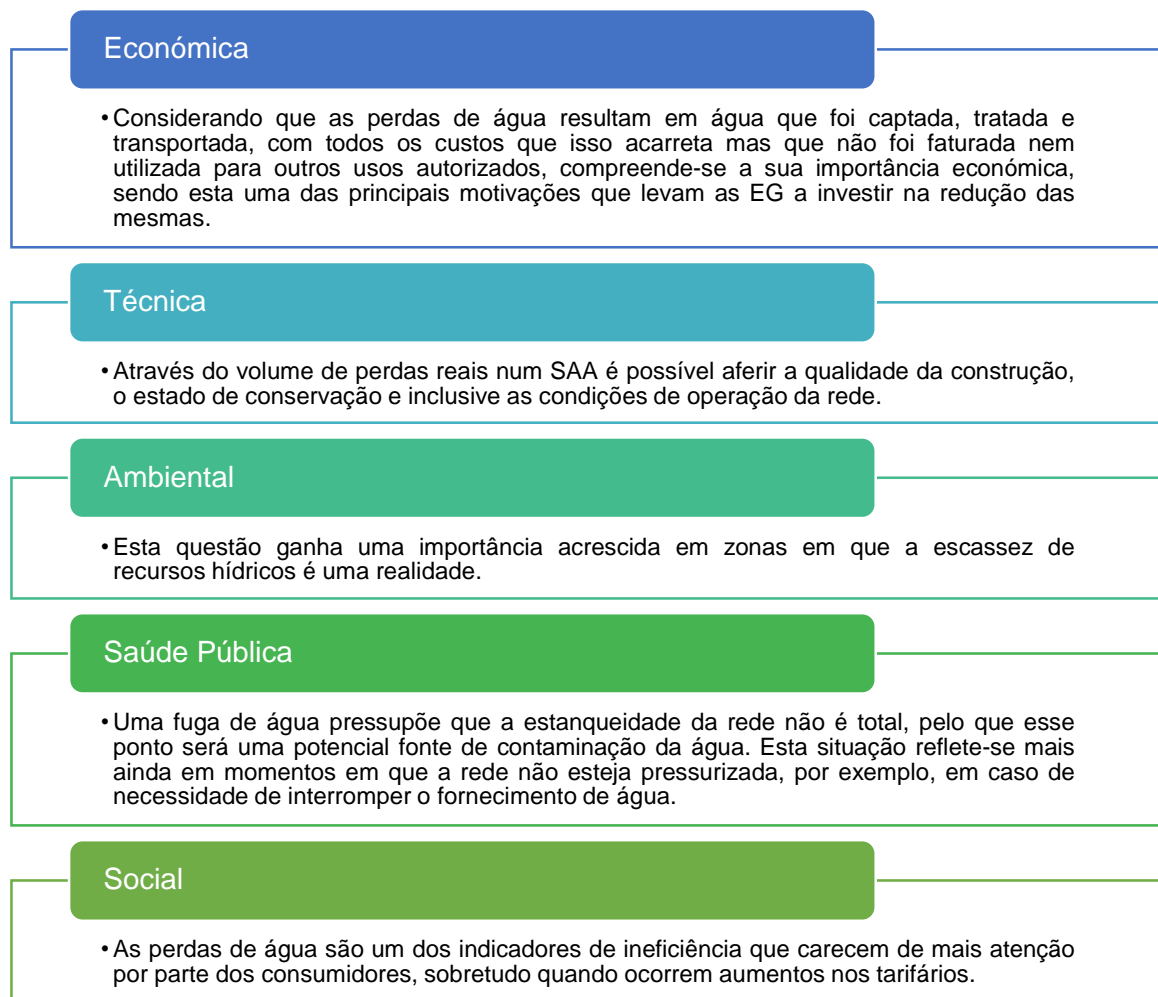


Figura 4. 16 - Questões a considerar sobre a água não faturada.

4.2.1 CONCEITO DE NÍVEL ECONÓMICO DE PERDAS

Uma das questões que com que se depara uma EG é até que ponto se deverá investir de forma a reduzir as perdas de água sem que as medidas adotadas acarretem custos mais elevados que o próprio valor de água perdida. Assim, uma das estratégias no controlo de perdas recai na determinação do Nível Económico de Perdas (NEP), que tem como objetivo aferir o ponto a partir do qual é economicamente viável proceder a um esforço para reduzir as perdas. Essa redução por ser conseguida através de uma melhoraria da gestão de pressões ou da localização e reparação de fugas não visíveis. De acordo com a bibliografia, *“NEP pode ser definido como a situação em que o custo marginal do controlo activo de perdas equilibra o custo marginal da água perdida. Por outras palavras, a situação em que o custo de redução de perdas em uma unidade de volume é igual ao custo de produção dessa unidade de volume de água.”* (SIGA, 2014).

Na análise custo-benefício, devem incluir-se as seguintes parcelas: (Alegre, et al., 2005)

Para que se consiga atingir o nível económico de perdas é necessário que ocorra, simultaneamente, o nível económico de perdas reais (NEPr) e o nível económico de perdas

Custos	Benefícios
<ul style="list-style-type: none">•Custos de Engenharia;•Custos de Construção;•Custos de Produtos;•Aumento de custos de manutenção de novo equipamento e software;•Redução de proveitos eventualmente decorrente de gestão de pressões.	<ul style="list-style-type: none">•Redução de perdas a custo marginal;•Redução de custos de manutenção decorrente da redução de fugas reportadas.

Figura 4. 17 - Componentes a serem considerados numa análise de custos e benefícios.

aparentes (NEPa), pois os procedimentos para a redução de erros de medição e de consumos não contabilizados não dependem dos procedimentos para a minimização de perdas reais. (Alegre, et al., 2005)

No que às perdas aparentes diz respeito, a estratégia consiste na análise dos custos e benefícios entre o investimento necessário para a sua redução e os benefícios financeiros daí decorrentes (Covas, 2008). As duas componentes que se devem determinar são o custo da água perdida e o custo da gestão da água não faturada (Malcolm Farley, 2008).

4.3 DEFINIÇÃO DE PERDAS REAIS

Não sendo o foco desta dissertação, as perdas reais, ou físicas correspondem a uma grande fatia das perdas de água, estando presentes em todas as redes de distribuição, mesmo nas mais recentes e apesar de todos os esforços das EG. Considerando apenas a componente em “baixa” de um SAA, as perdas reais estão localizadas entre o ponto de entrega das adutoras da componente em “alta” na componente em “baixa” e os contadores dos consumidores (Oliveira, 2013). De salientar que a localização destes é de extrema importância para este tipo de perdas, uma vez que as que ocorrem por fugas ou roturas nos ramais situados a jusante dos contadores são da inteira responsabilidade dos consumidores. Esta situação provoca, no entanto, a insatisfação dos consumidores que recebem faturas que não expressam o volume realmente consumido mas sim um volume majorado. Não obstante, em casos em que o consumo não é medido ou é medido mas não faturado, a EG não terá proveito, contribuindo para a sua ineficiência (Alegre, et al., 2005).

Podem ser descritas como todo o volume de água perdido através dos inúmeros tipos de fugas, roturas ou extravasamentos, num determinado período de tempo. Depende da frequência, caudal e duração média de cada situação (Fallis, et al., 2011), (Alegre, et al., 2005).

As perdas reais podem ser classificadas de diversas formas, tendo em conta a sua localização no sistema (reservatórios, condutas ou ramais), com a sua dimensão e com a sua visibilidade (Costa, 2014).

Na Fig. 4.18 é possível observar uma simulação de uma fuga de água no SAA de Vila Nova de Gaia.



Figura 4. 18 - Simulação de uma fuga de água no sistema de abastecimento da Vila Nova de Gaia.

As perdas reais dependem de vários fatores, a saber (Alegre, et al., 2005), (Fallis, et al., 2011), (Farley, 2001):

- 💧 Pressão de serviço média, nos casos em que o sistema está pressurizado;
- 💧 Tempo de pressurização, ou seja, a percentagem de tempo em que o sistema está pressurizado (fator muito relevante em regiões em que o abastecimento é intermitente);
- 💧 Estado e idade das infraestruturas;
- 💧 Localização do medidor domiciliário (contador) no ramal;
- 💧 Densidade e comprimento médio de ramais;
- 💧 Tipologia e as condições do terreno (a deteção das fugas depende fortemente da permeabilidade e capacidade de retenção de água dos solos);
- 💧 Movimentações e ações no solo (podem provocar roturas nas condutas e a deslocação dos acessórios);
- 💧 Comprimento total das condutas;
- 💧 Frequência de ocorrência de roturas;
- 💧 Qualidade pobre dos materiais, acessórios e mão-de-obra;
- 💧 Influência de terceiros (resultado da execução inadequada de trabalhos de construção e reparação, danificando as condutas);
- 💧 Método de controlo de perdas (afeta sobretudo o tempo que as fugas demoram a ser detetadas e determina assim a extensão da perda).

4.3.1 MEDIDAS DE CONTROLO DAS PERDAS REAIS

O controlo das perdas reais atualmente conseguido recorrendo a um conjunto de medidas como a gestão da pressão na rede, o controlo ativo de perdas, a renovação e a substituição de

condutas e inclusive a melhoria da qualidade e rapidez na reparação das fugas, conforme indicado na Fig. 4.19 (Farley, et al., 2008).



Figura 4. 19 - Metodologia de controlo das perdas reais (Adaptado de (Farley, Wyeth, Ghazali, Istandar, & Singh, 2008)).

4.4 DEFINIÇÃO DE PERDAS APARENTES

A toda a água que foi consumida, mas não foi faturada denominamos por perdas aparentes ou perdas comerciais e corresponde, na maioria dos casos, a água que passou pelo contador mas não foi registada com precisão e ocorrem, portanto, devido à ineficiência na medição, registo, arquivo e incorreções nas operações utilizadas para controlar o volume de água na rede de abastecimento. (Farley, et al., 2008), (Mutikanga, 2012)

Apesar de muitas vezes ignoradas pelas EG, estas representam até um volume de água perdida superior ao das perdas reais. Não obstante, a redução deste tipo de perdas aumenta a receita da EG, enquanto a diminuição das perdas reais reduz os custos de produção. A verdade é que para que uma EG seja economicamente sustentável, a tarifa da água deverá ser superior aos custos de produção pelo que um volume reduzido de perdas aparentes terá um grande impacto financeiro na Empresa (Farley, et al., 2008).

Contudo, o controlo das perdas aparentes encontra-se ainda numa fase inicial, tendo as atuais EG de desenvolver um longo trabalho no que a este assunto diz respeito, apesar do impacto financeiro deste tipo de perdas nos SAA e da existência de diversas ferramentas e metodologias para determinação das perdas reais do balanço hídrico (Mutikanga, 2012).

Calculado o balanço hídrico, para um sistema em baixo, é possível calcular os principais indicadores de perdas, divididos em dois grupos: indicadores operacionais e indicadores financeiros (Alegre, et al., 2005).

As perdas aparentes podem ser quantificadas utilizando um indicador denominada por *Apparent Loss Index* (ALI), recomendado pela IWA. A medição deste tipo de perdas com base apenas na sua percentagem demonstra ser demasiado simplista pelo que o ALI relaciona o valor das perdas aparentes com um valor de referência de 5% da água faturada (Rizzo, 2007).

$$\text{Indicador de Perdas Aparentes (ALI)} = \frac{\text{Valor de Perdas Aparentes}}{5\% \text{ da Água Faturada}} \quad (4.8)$$

Contudo, importa ainda referir que não se procedeu à determinação destes valores nesta dissertação pois seriam estimados com base nos balanços hídricos mensais efetuados para cada ZMC, apresentando, portanto um elevado grau de incerteza. De acordo com IWA os indicadores não devem ser calculados para períodos inferiores a um ano dado que os valores obtidos podem induzir em erros de interpretação (Alegre, et al., 2004).

4.4.1 ERROS DE MEDIÇÃO

Principal fatia das perdas aparentes, os erros de medição podem ter diversas origens como a instalação incorreta dos contadores da água, a falta de calibração e a deterioração dos mesmos (Fallis, et al., 2011).

Este tipo de erros pode resultar de (Alegre, et al., 2005):

- Erros de medição dos contadores em condições normais de medição;
- Erros de medição por deficiente dimensionamento ou instalação;
- Erros de leitura ou registo;
- Erros de medição por avaria (“normal” ou por violação do equipamento);
- Leituras em falta por dificuldades de acesso aos contadores (dentro das habitações);

A sua principal origem são as incorreções de contagem do contador e são tanto maiores, quanto menor for o caudal de água que por ele passa. Este fenómeno tende a aumentar com o tempo e com o deterioramento do contador (Rizzo, 2007). Como equipamentos mecânicos que são, os contadores da água vão perdendo a precisão de medição ao longo do tempo devido ao desgaste. Isto resulta numa perda de receita por parte da EG (Mutikanga, 2012).

Contudo, a deterioração destes não ocorre apenas devido ao desgaste, mas está também relacionada com as próprias intrínsecas da própria água medida. Esta situação prende-se com o facto da precisão do contador diminuir mais rapidamente quanto mais agressiva física e quimicamente for a água e quanto maior for a concentração de sólidos suspensos (Rizzo, 2007). Esses sólidos acabam por se depositar no contador, obstruindo os seus poros – fenómeno de colmatção. Exemplo de isso mesmo é a deposição de calcário no interior do contador que pode bloqueá-lo ou criar resistência ao rolamento das peças móveis. Este fenómeno é mais relevante para caudais reduzidos dado que a força de rotação exercida é particularmente baixa nestes casos (Malheiro, 2011). A Figura 4.20 é elucidativa do fenómeno de colmatção de um contador:



Figura 4. 20 - Exemplo do fenómeno de colmatção de um contador. (Águas de Gaia, 2015)

No que diz respeito aos contadores instalados ao ar livre ou seja, sem qualquer tipo de proteção, estes perdem precisão mais rapidamente consequência de exposição a condições meteorológicas extremas. Se por um lado temperaturas muito elevadas podem deteriorar componentes de plástico e até mesmo deformá-los, por outro, temperaturas muito baixas podem aumentar a pressão dentro do contador, acima do valor máximo recomendado (Arregui, et al., 2006).

Também o uso sazonal da água condiciona significativamente a contagem dos contadores uma vez que estes, ao permanecerem sem utilização durante longos períodos de tempo, mais rapidamente se deterioram (Arregui, et al., 2006).

Não obstante, a deterioração deste tipo de equipamentos pode ainda estar relacionada com a existência de roturas nos ramais de abastecimento pois aquando das suas reparações, acabam por entrar no sistema pequenos grãos de areia, que têm um efeito negativo no funcionamento do contador (Malheiro, 2011).

A perda de precisão do contador pode ainda estar relacionada com a existência de reservatórios domiciliários, que moderam o diagrama de consumo e levam a que o caudal que passa através do contador seja muito reduzido. Problemas como fugas ou extravasamentos dentro das habitações, a que correspondem consumos significativos mas constantes ao longo do tempo, com caudais instantâneos reduzidos, podem também contribuir para a subcontagem (Alegre, et al., 2005)

Relativamente à instalação do contador, também ela afeta a durabilidade e precisão destes, caso não tenha sido realizada corretamente. Por exemplo, certos tipos de contadores a jato são dimensionados para serem instalados horizontalmente, e podem ter um fraco desempenho quando instalados noutra posição devido ao aumento do atrito das peças móveis, que a médio ou longo prazo influencia significativamente a precisão do contador (Malheiro, 2011).

Outro dos fatores que tem uma influência determinante na durabilidade deste tipo de equipamentos é a distribuição de velocidades à entrada do mesmo. Para combater esta

situação, é necessário tornar o escoamento homogêneo a montante do contador, através por exemplo da colocação de uma conduta reta antes do elemento de medição (Malheiro, 2011).

Por último, outro fator que contribui para a submedição dos contadores é a adulteração dos mesmos, sendo alguns elementos de medição mais facilmente manipuláveis que outros (Arregui, et al., 2006).

4.4.1.1 REDUÇÃO DOS ERROS DE MEDIÇÃO

Para uma correta gestão das perdas de água aparentes, há que ter em consideração que a leitura de contadores, faturação, cobrança bem como o atendimento e gestão dos clientes constituem fatores determinantes para o objetivo pretendido. Para tal, a EG deve assegurar a fiabilidade dos equipamentos de medição e dos sistemas de leitura, faturação e cobrança de que dispõe (Alegre, et al., 2005).

Medidas como a instalação de um redutor de caudais, *Unmeasured-Flow Reducer* (UFR), permitem o combate à submedição dos contadores. Este equipamento permite a alteração de regime de caudais que atravessem o contador, em caso de ocorrência de baixas pressões, diminuindo assim as perdas aparentes. Inicialmente o UFR mantém-se fechado, enquanto a pressão a montante é inferior ao limite de abertura. Posteriormente, permite a passagem de água pelo contador com uma velocidade tal que possibilita que a sua contagem seja eficaz. Por fim, quando a pressão a montante se aproxima da de jusante, a válvula fecha novamente, impedindo a passagem de caudais muito reduzidos que não seriam contabilizados Regularizando o caudal em todos os instantes, este aparelho permite apenas a passagem de água pelo contador, quando este consegue medir (Yaniv, 2014).

Uma correta escolha de contador, através da análise do padrão de consumo do cliente, demonstra ser outra medida de redução de erros de medição. De notar que, no caso das indústrias e do comércio a previsão dos consumos de água torna-se algo de difícil obtenção pelo que em muitos casos se procede à instalação de contadores desadequados ao padrão de consumo. Para que se consiga evitar estas questões, é necessária uma cuidada análise dos caudais recomendados pelo fabricante (Malheiro, 2011).

Outra forma eficaz de reduzir os erros de medição e na qual assenta parte desta dissertação, é a substituição de contadores da água, precedida, claro está, de uma cuidada análise custo-benefício. Nessa análise dever-se-ão considerar a perda de precisão do contador, o custo de substituição, o preço da água assim como inspeções regulares aos contadores que devem ser substituídos periodicamente (Malheiro, 2011).

Por forma a reduzir as perdas de água por este tipo de erros, as Águas de Gaia contam com um laboratório creditado instalado na sede da empresa cujo objetivo é a reparação e manutenção de contadores da rede. Lá, os contadores são sujeitos a diversos ensaios sendo que no fim, apenas aqueles com um erro de leitura inferior a 1% são considerados aptos a voltarem a ser instalados. Esta medida, previne ainda que a EG tenha de recorrer a laboratórios externos o que implicaria um custo acrescido.

Na Figura 4.21 pode ver-se parte dos ensaios experimentados pelos contadores no laboratório:



Figura 4. 21 - Laboratório certificado para reparação e manutenção de contadores da rede. (Águas de Gaia, 2015)

4.4.2 ERROS INFORMÁTICOS

Associados por vezes aos erros humanos, os erros informáticos são caracterizados pela falha no processamento de dados a nível informático, entre a recolha das leituras dos contadores da água e a sua transmissão à base de dados da EG (Malheiro, 2011).

Apesar de em constante evolução, os sistemas informáticos ainda apresentam falhas, devendo a EG procurar corrigi-las (Fernandes, 2014). Este tipo de erros são de extrema importância, podem surgir com alguma frequência e devem ser evitados, uma vez que se não forem detetados numa fase inicial, provocam a geração de informações equívocas, difíceis de detetar (Farley, et al., 2008)

Tal como nos erros humanos, a relevância deste tipo de erros advém de incorreções devidas a dados sendo a principal consequência para a EG o conhecimento errado da situação da sua rede de distribuição (Malheiro, 2011).

Os erros informáticos e de procedimentos ocorrem durante a transmissão e processamento dos dados das leituras. (Farley, et al., 2008). Podem ainda surgir de falhas na escrita do *software* (não provenientes de valores errados de leituras) ou inclusive dos próprios sistemas informáticos, que geram informações erradas e dificilmente detetáveis. Consequências como a emissão de faturas sobre volumes de água irreais ou o envio da faturação para um cliente errado são exemplos que podem ocorrer com alguma frequência (Malheiro, 2011).

Outra possível causa para os erros informáticos é a modificação na base de dados da EG pois caso o histórico dos clientes não seja introduzido de forma correta, a probabilidade de ocorrência deste tipo de erros será maior. Posto isto, é de notar que a capacidade da EG de

assimilar informação, condiciona em larga medida o sucesso do controlo destas perdas de água (Malheiro, 2011).

4.4.2.1 REDUÇÃO DOS ERROS INFORMÁTICOS

De forma a combater este tipo de erros, as leituras realizadas pelos técnicos das Águas de Gaia são, atualmente, introduzidas diretamente em PDA's (Personal Digital Assistant). Esta nova tecnologia reduz a probabilidade de ocorrência de erros, não garantindo contudo uma total eficácia pelo que é aconselhável uma constante verificação de leituras por parte de técnicos informáticos, de modo a aferirem a veracidade das mesmas (Fernandes, 2014).

De seguida, esses mesmos dados são colocados no sistema de faturação da EG pelo que os possíveis erros informáticos existentes serão encontrados na fatura da água enviada ao cliente. Contudo, se por um lado o erro estiver contra o cliente, este apresentará de imediato um pedido de verificação da instalação, por outro, o mesmo não ocorrerá se o inverso se verificar. A verdade é que poucos serão os clientes que se queixarão por pagar menos que o normal, residindo aqui a problemática dos erros informáticos (Fernandes, 2014).

As falhas de *software*, através de erros de programação são a principal causa dos erros de medição pelo que a EG deve possuir um bom filtro de dados. Esta solução permite-lhe detetar e corrigir erros precocemente para que estes não permaneçam no sistema, originando problemas de gestão (Malheiro, 2011).

Outra possível solução é a análise dos dados por parte do sistema informático e a geração de alertas em casos de situações irregulares para que estas sejam rapidamente resolvidas (Malheiro, 2011).

Outra estratégia de redução deste tipo de erros inclui a escolha das melhores ferramentas de contabilidade da água. Atualmente, os sistemas de informação geográfica (SIG) ou *Business Intelligence Tools* permitem uma análise automática dos dados assim como uma quantificação e análise mais fácil de todos os componentes das perdas aparentes (Malheiro, 2011).

No que diz respeito aos SIG, estes apresentam a capacidade de gerir eficazmente numerosas bases de dados alfanuméricos e gráficos geograficamente referenciados (Alegre, et al., 2005).

Relativamente a eficientes e atualizados sistemas de gestão de clientes, estes permitem a minimização dos erros informáticos uma vez que contêm a informação de base para a faturação, envolvendo os consumos de água de cada cliente (Alegre, et al., 2005).

Por fim, a implementação em larga escala de telemedição domiciliária permite, atualmente, medir de forma fiável e sincronizada, o caudal fornecido em cada instante, a uma determinada área e o caudal que é entregue aos clientes, detetando mais facilmente assim, os possíveis erros informáticos (Alegre, et al., 2005).

4.4.3 ERROS HUMANOS

Consideram-se como erros humanos as leituras mal interpretadas numa EG sendo que o cliente não possui qualquer tipo de culpa na fatura final apresentada, a não ser que seja ele a reportar

as leituras mensalmente. Estes erros traduzem-se, essencialmente, numa falta de coerência entre a informação recolhida pelo leitor e o valor real medido pelo contador da água (Fernandes, 2014). Estas leituras incorretas podem ocorrer por diversos motivos. Negligência, falta de aptidões profissionais das equipas de leituras, inexperiência das mesmas ou ainda corrupção podem estar na base destes erros. Não obstante, o envelhecimento ou mau estado do contador ou a dificuldade de acesso ao local são questões que podem levar igualmente à ocorrência de erros de leitura, que podem resultar facilmente na troca de uma vírgula ou de um algarismo (Farley, et al., 2008).

Outro problema com que os leitores se deparam é a falta de visibilidade na leitura do contador. Dado que a maioria dos contadores estão instalados ao nível do solo, encontram-se muitas vezes em condições de pouca visibilidade e até mesmo embaciados, devido à humidade (Fernandes, 2014).

O recurso ao tradicional sistema de leitura, elaborado à mão, apresenta também uma maior probabilidade de possuir erros, sendo responsável por um grande número de reclamações. Por outro lado, as leituras por estimativa, devido por exemplo à falta de acessibilidade aos contadores ou nos casos em que estes se encontram dentro da habitação, constituem questões de elevado relevo para muitas EG (Loureiro, et al., 2007).

Por outro lado, sempre que um leitor transmite um problema à EG, esta deve procurar resolvê-lo com a maior celeridade possível de forma a não desmotivar o funcionário, que poderia até deixar de comunicar os problemas que deteta. Sendo os elos de ligação entre a Empresa e os consumidores, o comportamento dos leitores tem um impacte financeiro direto na EG. Assim, a Empresa deve investir na formação e motivação dos leitores para que estes reportem a informação de forma efetiva e eficiente bem como constituir sistemas e procedimentos de forma a evitar os erros, através de uma maior supervisão dos leitores, da implementação de rotas de leitura e de constantes controlos locais (Farley, et al., 2008).

Não esquecer que o prestígio de uma empresa está associado à satisfação dos seus clientes. Em caso de erros nas faturas, os consumidores ficarão insatisfeitos o que resulta num aumento do número de reclamações (Malheiro, 2011). Contudo, numa rede extensa de clientes, torna-se impossível a avaliação mensal de todos pelo que a recolha de dados é realizada, normalmente, de dois em dois meses (Fernandes, 2014).

No que diz respeito ao caso de estudo, as Águas de Gaia possuem técnicos especializados, com a devida formação e conhecimento para interpretar as leituras dos contadores. Diariamente são acompanhados por um plano de trabalho definido pela EG e, previamente analisado, com a indicação do trajeto a percorrer dos contadores a analisar, de modo a que o resultado diário apresente eficiência. Conforme já mencionado, a recente modernização dos sistemas informáticos, permitiu que os leitores se fizessem acompanhar por um PDA, ligado à base de dados dos clientes da EG. Este aparelho transmite informações como a morada associada a cada instalação (contador), o tipo de tarifa e o período de tempo decorrido desde a última leitura, podendo apresentar ainda os últimos registos retirados quer pelo leitor quer pelo cliente.

Posto isto, poder-se-á detetar indícios do contador estar parado ou até mesmo vandalizado bem como de ruturas inerentes a este (Fernandes, 2014).

Apesar de aparentarem ser facilmente detetáveis, dado que a falta de coerência é suscetível aos olhos de qualquer técnico da Empresa, o principal problema dos erros humanos reside na quantidade de dados a processar. Numa EG com milhares de dados de clientes é expectável que ocorram estes pequenos erros de leitura sem que sejam detetados. Esta situação culmina com a emissão de faturas erradas e, numa consequente, alteração do Balanço Hídrico sem conhecimento da EG (Fernandes, 2014).

4.4.3.1 REDUÇÃO DOS ERROS HUMANOS

Conforme já referido, uma das medidas de redução dos erros humanos passa pela substituição das tabelas de recolha por escrito de leituras por PDA's. Estes aparelhos, permitem a visualização, no local, do histórico de leituras e detetar eventuais incoerências antes que estas sejam transmitidas para a base de dados da EG (Pereira, 2007).

O grau de confiança das leituras recolhidas pode ainda ser fomentado, procedendo à elaboração de auditorias, nomeadamente aos relatórios de campo (de modo a garantir que as leituras recolhidas são efetivamente as reais e não estimadas) e ao número de leituras por estimativa, que deve ser inferior ao de reais (Pereira, 2007).

Por fim temos a solução da implementação de sistemas de telemetria domiciliária que permitem a recolha automática dos dados de consumo a partir de contadores domiciliários bem como a sua transferência e armazenamento numa base de dados central, interna ou externa à EG, quer para fins de faturação quer para outras aplicações de Engenharia (Loureiro, et al., 2007). Esta tecnologia possibilitam uma maior frequência e fiabilidade das leituras, reduzindo os consumos estimados pelo que origina uma faturação mais eficiente e uma consequente diminuição de reclamações por parte dos clientes. Com este sistema, é possível ainda obter informações relativas à ocorrência de fugas e fraudes (Loureiro, et al., 2007).

4.4.4 CONSUMOS NÃO AUTORIZADOS

Sendo de única e exclusiva responsabilidade dos clientes, os consumos não autorizados resultam do consumo abusivo de água da companhia sem que esta seja paga. Estão incluídos nestes consumos ligações ilícitas, religações não autorizadas, ligações do tipo “bypass” em paralelo ou em vez do contador, adulteração dos contadores (por instalação ao contrário destes ou por colocação de agulhas nos mesmos), a criação de ramais clandestinas (onde a água nem chega a passar pelo contador, sendo consumida diretamente da rede de distribuição) e a utilização fraudulenta de marcos e bocas de incêndio para consumos em obras públicas de pequena dimensão. As EG vêem-se perante um problema não só técnico como social pelo que a sua resolução assenta não só numa intervenção de engenharia mas também, numa abordagem sociocultural que consiga a alteração de comportamentos e atitudes da comunidade em relação ao uso da água (Mutikanga, 2012) (Fernandes, 2014).

A falta de honestidade por parte de alguns cidadãos resulta em perdas de receita para a EG. A verdade é que as ligações à rede, sem autorização da Empresa, também designadas por furtos ou ligações clandestinas, constituem uma “grande fatia” do total das perdas aparentes (Fernandes, 2014).

No que diz respeito às ligações ilícitas, estas ocorrem maioritariamente em zonas de construção clandestina e em zonas de reduzida segurança. A sua ocorrência está relacionada com o contexto externo mas faz parte da responsabilidade da EG a adoção de medidas que visem a redução dos efeitos destas situações (Alegre, et al., 2005)

Dada a atual conjuntura de crise económica que o nosso país enfrenta, propícia ao consumo não autorizado, a ERSAR aconselha a que seja feito um esforço no que diz respeito à redução dos furtos de água (ERSAR, 2013a).

Os ilícitos podem ocorrer durante a instalação de uma nova ligação de fornecimento, ou em caso de corte de água quer por falta de pagamento por parte do cliente devido a dificuldades económicas quer porque este se recuse a pagar para que o abastecimento lhe seja restabelecido (Farley, et al., 2008).

Por fim importa realçar que de acordo com a legislação em vigor, em caso de paragem ou de funcionamento irregular do contador ou nos períodos em que não houve leitura, o consumo deve ser avaliado "pela média do consumo apurado nas leituras subsequentes à instalação do contador". Refira-se, no entanto, que a mesma lei tem outras duas alíneas que devem ser as primeiras a ser consideradas no cálculo de consumos, e que preveem que essa estimativa seja feita com base no "consumo médio apurado entre duas leituras consideradas válidas", ou, se não tiver sido apurado o consumo médio, através do "consumo de equivalente período do ano anterior" (1995).

4.4.4.1 TIPOS DE CONSUMOS NÃO AUTORIZADOS

O “bypass” é um tipo de consumo não autorizado que consiste no desvio ao contador da água consumida. Para tal, instala-se uma tubagem paralela a este, evitando que a água não passe pelo elemento de contagem.

Tornando a sua deteção mais difícil, a conduta adicional pode por vezes encontrar-se enterrada. Instalações industriais e comerciais são as principais responsáveis por este tipo de fraude, em que apenas um volume reduzido de água passa pelo contador.

Quando efetuado nos primeiros meses de abastecimento, o “bypass” é dificilmente detetado pois origina desde logo um histórico de consumo fictício para a EG (Pereira, 2007) .

Na Fig. 4.22 encontra-se representada esquematicamente uma ligação do tipo “bypass”.

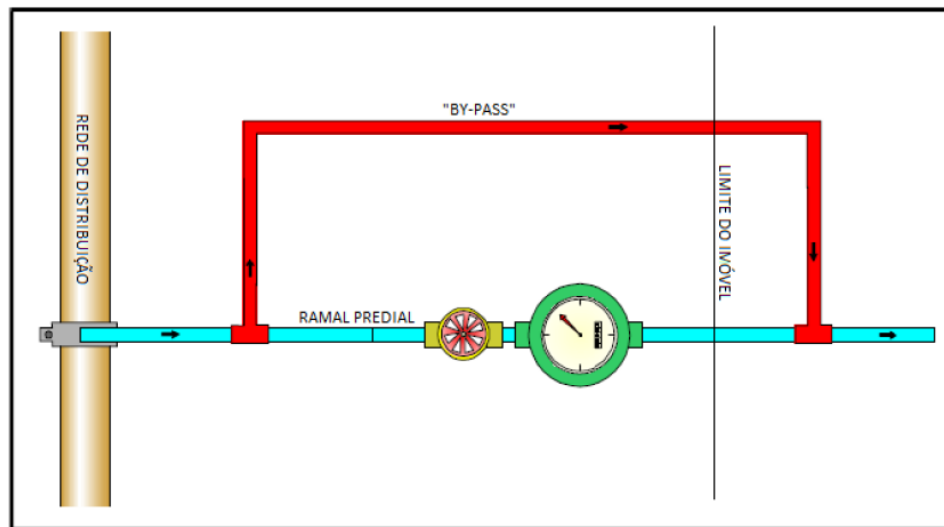


Figura 4. 22 - Representação esquemática de uma ligação do tipo "bypass" (Lédo, 1999).

Relativamente às ligações diretas, em que a água consumida não passa pelo contador, existe um ramal ligado diretamente à rede de distribuição que abastece a habitação. Este tipo de ligação é bastante comum em áreas de abastecimento pouco urbanizadas.

Esta fraude prejudica severamente a EG uma vez que não só não permite a medição dos consumos de água dos clientes como também leva a um aumento das perdas de água pois este tipo de ligações é realizada de forma precária, sem a utilização de mão-de-obra especializada e materiais apropriados (Pereira, 2007).

Na Fig. 4.23 é possível observar uma representação esquemática deste tipo de fraude.

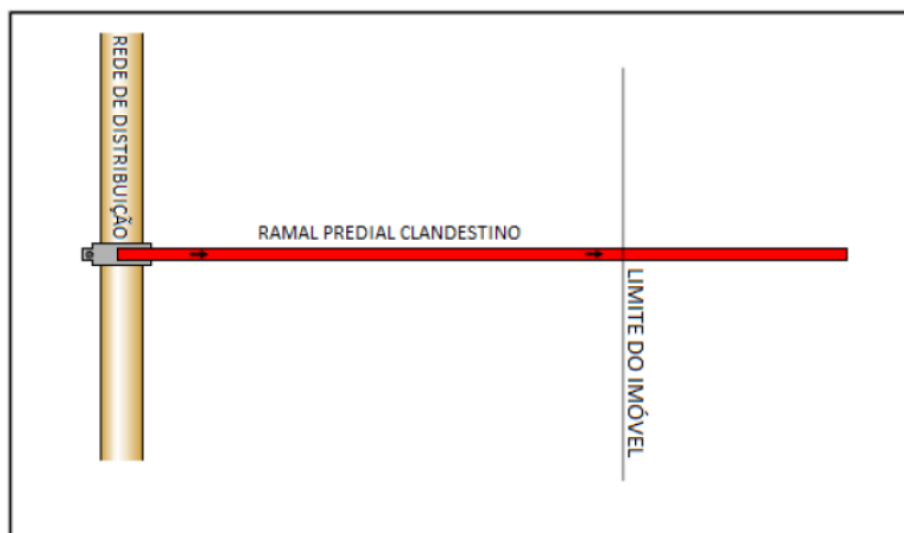


Figura 4. 23 - Representação esquemática de uma ligação direta (Lédo, 1999).

No que diz respeito às fraudes por derivação de ramal, estas demonstram ser bastante semelhantes às anteriores. Nestes casos, há um desvio semelhante ao "bypass" mas este não volta a ligar ao ramal predial, sendo que parte da água continuará a passar pelo contador para

a antiga instalação, continuando a ser possível a medição de volume de contagem. Esta situação dificulta a detecção da fraude por parte da EG uma vez que o consumo daquele cliente pode simplesmente diminuir (Pereira, 2007).

Este tipo de consumo não autorizado encontra-se representado na Fig. 4.24.

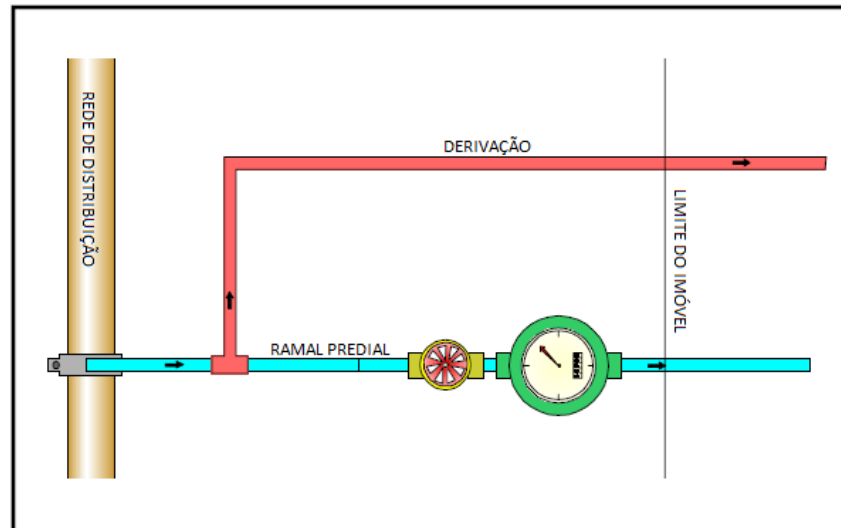


Figura 4. 24 - Representação esquemática de uma derivação de ramal (Lédo, 1999).

Outro exemplo de consumo não autorizado é a utilização indevida de hidrantes. Apesar de deverem ser manipulados, exclusivamente, por serviços de bombeiros, os marcos de incêndio são muitas vezes utilizados para o enchimento de tanques de veículos para rega ou para limpeza das ruas. Relativamente aos sistemas de proteção contra incêndio no interior dos edifícios, estes são desprovidos de contador para que não ocorram perdas de carga localizadas, surgindo assim uma oportunidade de uso fraudulento destes dispositivos de incêndio. Dadas estas situações, a EG tem a responsabilidade de intervir, desenvolvendo mecanismos para minimizar a possibilidade destas ocorrências, não só ao nível dos equipamentos e soluções construtivas autorizadas mas também ao nível dos sistemas de detecção de fraudes, nunca descorando a proteção e manutenção dos hidrantes (Alegre, et al., 2005)

A adulteração ou violação do contador constitui outra forma de consumo não autorizado cujo objetivo é a manipulação do aparelho, de forma a alterar as suas características metrológicas (Pereira, 2007).

A quebra do lacre do contador, a inversão do sentido de escoamento, a manipulação da relojoaria, o furo da cúpula e ainda a introdução de uma agulha que paralise o movimento da relojoaria do contador ou de dispositivos obstrutores metálicos (por exemplo arames) que bloqueiam a turbina, mantendo o mesmo consumo ao longo do tempo, são algumas das invenções fruto da criatividade de alguns clientes (Pereira, 2007); (Jesus & Polisel, 2000).

Relativamente à quebra do lacre, um importante componente do contador que protege a relojoaria do equipamento, esta é seguida da manipulação do parafuso ou da retirada integral da relojoaria (Pereira, 2007).

Outro exemplo de manipulação indevida do contador é a inversão do sentido de escoamento. A fraude consiste na colocação do equipamento em posição inversa durante o período

compreendido entre a data de leitura atual e a seguinte. Com isto, o cliente consegue um decréscimo do volume registado o que lhe permite a manipulação dos consumos mensais de água. Contudo, os contadores atuais possuem uma seta que aponta o sentido do escoamento pelo que a deteção deste tipo de ilicitude é fácil do que a das restantes fraudes já mencionadas.

No que diz respeito ao furo na cúpula, este tipo de fraude de contador é normalmente efetuado com recurso a um metal aquecido. Através do furo é introduzida uma agulha que paralisa o movimento da relojoaria, fazendo com que apenas a parte inferior contador, onde se localiza a turbina, continue em movimento (Pereira, 2007).

Na Figura 4.25 pode ver-se um exemplo de um contador cuja cúpula foi furada:

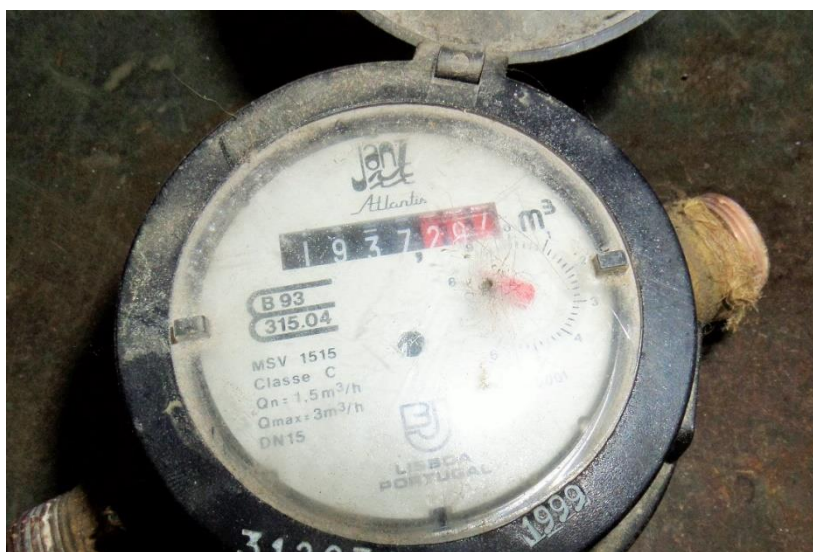


Figura 4. 25 - Contador violado com furo da cúpula (Águas de Gaia, 2015)

É de salientar que o consumo não autorizado não se cinge apenas a estes exemplos mais comuns. Na realidade as EG vêem-se diariamente deparadas com novas e engenhosas formas de consumir água indevidamente pelo que mal um método de prevenção de um tipo de fraude é encontrado, outro surge que o neutraliza (Fernandes, 2014).

4.4.4.2 REDUÇÃO DO CONSUMO NÃO AUTORIZADO

A redução do consumo não autorizado assenta basicamente na monitorização por parte das EG. Uma fiscalização atenta resulta na deteção de ligações diretas, da adulteração dos contadores e do uso indevido de hidrantes (Malheiro, 2011).

Compreende-se por ligações diretas todos os modos de consumo de água em que esta não passa pelo contador e detetada a infração, o cliente fraudulento deve ser devidamente punido de forma a desincentivar novos ilícitos (Lédo, 1999).

As ligações “bypass” assim como as derivações de ramal são detetadas retirando-se o contador, após interrupção de abastecimento, e verificando se ocorre ou não retorno da água. Caso esta situação se verifique, a pressão é medida e se for semelhante à que se verifica na rede de distribuição, confirma-se o “bypass”. Por outro lado, se não ocorrer retorno da água, é

aconselhável uma completa inspeção predial, com tomadas internas de pressão e comparação destas com a pressão da rede. Se existir um reservatório, deve ainda verificar-se a chegada de água ao mesmo para análise da hipótese de derivação de ramal (Lédo, 1999).

Outra solução consiste na obstrução do ramal a montante do contador. Decorrido algum tempo, é de esperar que ocorra uma reclamação do cliente por falta de água pelo que caso esta não ocorra, basta à EG somente confirmar a obstrução e efetuar uma inspeção à rede predial (Malheiro, 2011).

A deteção de ligações clandestinas pode ainda ser feita procedendo-se à recolha e análise de amostras de água que serão comparadas a nível da cor e concentração de Cloro com a água da rede de distribuição (Malheiro, 2011).

De forma a limitar as ligações ilícitas pode proceder-se à instalação de válvulas com fechadura e nos casos em que foi feito um corte de abastecimento de água por falta de pagamento e não foi solicitada a regularização da situação no prazo de uma semana, a EG deve considerar uma visita ao local (Farley, et al., 2008).

No que diz respeito à adulteração do contador, este demonstra ser um dos métodos de consumo não autorizado mais utilizado. Dada a grande diversidade de métodos atualmente existentes para esta prática, seria moroso apresentar uma forma de combate a cada um deles pelo que, apenas as situações de furo da cúpula do contador e da inversão do mesmo serão mencionadas (Malheiro, 2011).

A instalação ainda na relojoaria de um anel metálico, em forma de cilindro, no contador reduz o consumo não autorizado por furo da cúpula. Outra solução recai na utilização de cúpulas de vidro, que dificulta igualmente este tipo de manipulação.

Relativamente à deteção da inversão do contador, esta pode ser conseguida em visitas aleatórias ao local, fora das datas de leitura pois as possíveis marcas deixadas por ferramentas no contador são um forte indício de adulteração do mesmo (Lédo, 1999).

Importa ainda referir que uma das possíveis metodologias a adotar por parte das EG, face a este tipo de fraudes é a implementação de um sistema de telemetria domiciliária. Através desta inovação, torna-se possível um controlo bem mais imediato de uma panóplia de possíveis irregularidades no sistema de contagem. Não obstante, a telemetria permite a emissão de alertas em caso de uma série de anomalias. O desmonte de contador, a paragem, a remoção ou a inversão do sentido do escoamento seriam situações possíveis de detetar por este sistema (Malheiro, 2011).

Uma política de incentivo à denúncia de ligações clandestinas, por parte de outros clientes, bem como uma regulamentação que penalize os incumpridores são outras das medidas que se devem ter em conta para a redução dos consumos não autorizados. Relativamente aos leitores, e conforme já referido, também eles devem ser consciencializados para a importância da denúncia de casos de ligações diretas por eles identificados durante as suas rondas (Farley, et al., 2008).

4.5 CONCEITO DE CONTRAORDENAÇÃO

Dado que a presente dissertação assenta o seu estudo também na deteção e controlo de consumos ilícitos, resulta claro a importância de conhecer o quadro legal que os regulamenta.

De acordo com o Regime Geral Contraordenações, uma contraordenação é definida como todo o facto ilícito e censurável que preencha um tipo legal no qual se comine uma coima. Para que seja considerada uma contraordenação é necessário que ocorra um facto (por ação ou omissão) que se integre na descrição legal de um comportamento proibido e ao qual se justifique uma aplicação de coima.

Segundo ainda o Código Penal, assume-se que estamos perante uma conduta ilícita se apresentarmos um comportamento que seja considerado simultaneamente como típico, ilícito, culposo e punível (Antunes, 2013).

Já o Decreto-Lei nº194/2009 de 20 de Agosto estabelece o regime jurídico dos serviços municipais de abastecimento público de água, de saneamento de águas residuais urbanas e de gestão de resíduos urbanos. Nele, o regime sancionatório presente no capítulo VIII estabelece no artigo 72 as contra-ordenações, como por exemplo, o incumprimento da obrigação de ligação dos sistemas prediais aos sistemas públicos, a execução de ligações aos sistemas públicos ou alteração das existentes sem a respetiva autorização da EG ou uso indevido ou dano a qualquer obra ou equipamento dos sistemas públicos como o caso dos hidrantes.

Ainda no mesmo Decreto, o artigo 73 estabelece as competências para processamento e aplicação de coimas, atribuindo-as à entidade titular dos serviços na área onde tiver sido praticada a infração (Diário da República, 1.ª série Nº 161, 20 de Agosto de 2009, 2009).

Em suma, o quadro legal atualmente em vigor prevê que o não cumprimento pelos utilizadores finais dos deveres que lhe são impostos, constitui uma contraordenação e sempre que a EG se vê confrontada com uma situação de ilicitude, o processo segue a seguinte tramitação:

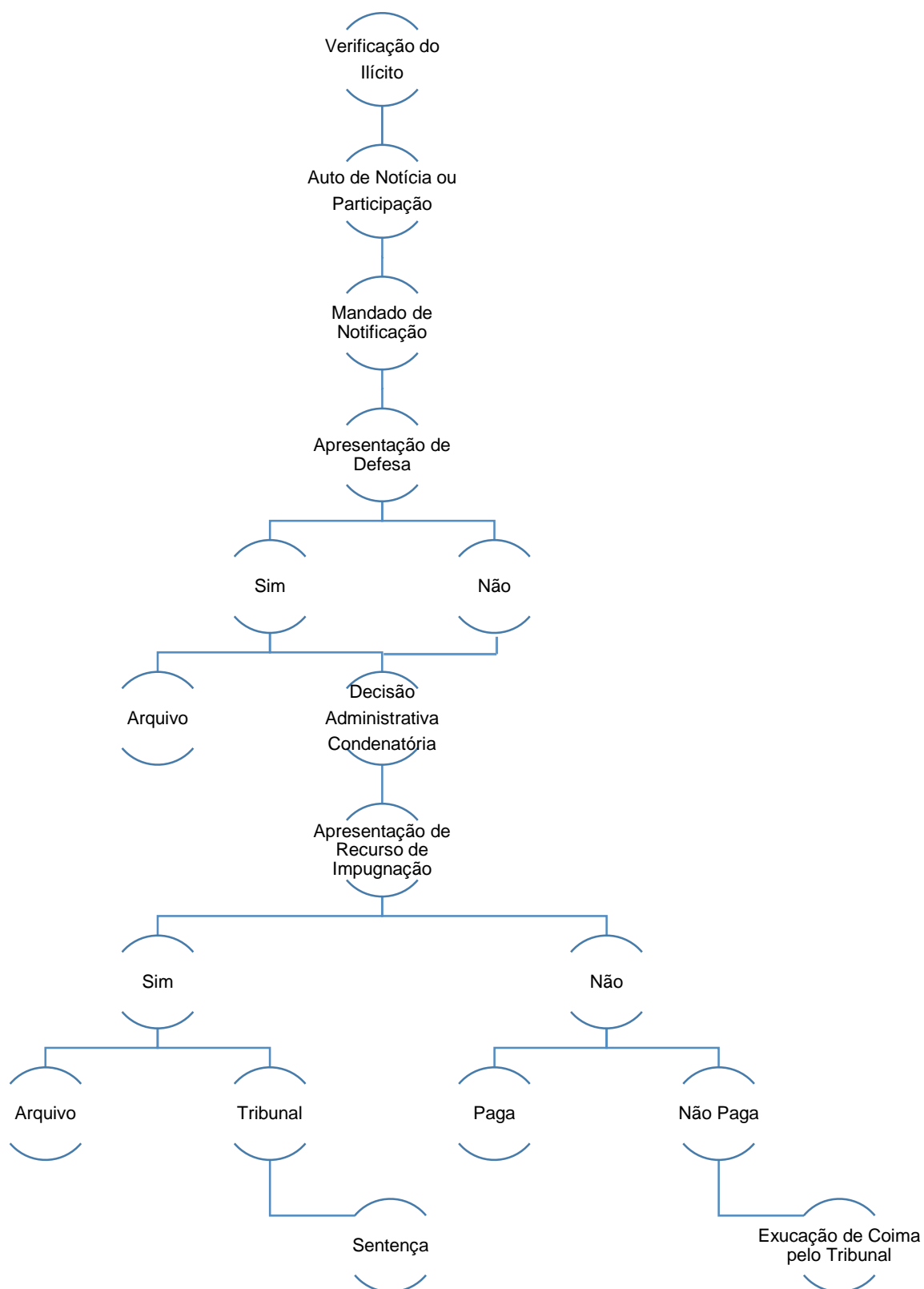


Figura 4. 26 - Tramitação do processo de contraordenação.

4.6 MEDIDAS DE CONTROLO DAS PERDAS APARENTES

As perdas aparentes acarretam às EG custos que resultam não só do custo de aquisição da água como o da não faturação da mesma. Como tal, para fazer face a estas perdas, as EG devem procurar uma medição e faturação de todos os consumos cada vez mais eficiente. Para o conseguir, é necessária uma equilibrada gestão de recursos tanto humanos como materiais e organizacionais.

Não obstante, a estratégia adotada deve ainda contar com o patrocínio, envolvimento e acompanhamento, desde a fase inicial, de toda a EG.

Para uma eficiente estratégia de combate a este tipo de perdas, as EG devem conseguir (Mugeiro, J., Medeiros, N., 2008):

- Aproximação dinâmica da estratégia da empresa para a redução das perdas;
- Adaptação contínua para enfrentar as circunstâncias legais e locais;
- Desenvolvimento e suporte da metodologia escolhida;
- Controlo de qualidade dos trabalhos efetuados no terreno;
- Parceria e partilha de experiências com empresas congéneres;
- Reforço das competências técnicas da equipa;
- Atualização e melhoria contínua do balanço hídrico;
- Inovação e pesquisa contínua das melhores ferramentas, equipamentos e sistemas de informação.

5

AVALIAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS DO CONTROLO DE PERDAS APARENTES

5.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO DA SUBSTITUIÇÃO DE CONTADORES DA ÁGUA

As perdas por submedição resultam da eventual incapacidade dos contadores para medir convenientemente os caudais passados numa conduta de abastecimento, resultando daí perdas de faturação. O envelhecimento do contador constitui uma possível causa para esse problema pelo que compete à EG fazer face a estas perdas de água aparentes para uma correta faturação dos volumes de água disponibilizados aos seus clientes.

Para tal, uma correta gestão do parque de contadores permite reduzir estas perdas financeiras, contribuindo também de uma forma decisiva na avaliação quantitativa das perdas globais da Empresa (APDA, 2014).

Assim, a primeira fase deste estudo requereu o conhecimento do parque de contadores de cada ZMC analisada. Fornecidos esses dados pela Empresa, obtiveram-se os seguintes números de contadores, conforme a sua tipologia:

Tabela 5. 1 - Descrição do parque de contadores de cada ZMC.

Tipo de Contador	ZMC	
	R3Z1	R3Z2
Doméstico	1737	1483
Estado	0	1
Instituições	2	1
Autarquias	9	6
Comércio, indústria ou agricultura	89	208
Total	1837	1699

De seguida, com os consumos mensais faturados por cliente, desde Janeiro de 2013 até Março de 2015, os contadores de cada ZMC foram separados pelas seguintes classes de faturação: média igual a 0m^3 , de $0-1\text{m}^3$, $1-5\text{m}^3$, $5-20\text{m}^3$, de $20-100\text{m}^3$, superior a 100m^3 e pelo menos um registo igual a 0m^3

Tendo em conta que o número de elementos de uma típica família portuguesa, de acordo com os dados mais recentes da população portuguesa obtidos através do CENSOS 2011, é, em média, de 3 elementos (INE, 2012) e que, segundo o ERSAR, o consumo médio de água de um desses agregados é de $10\text{ m}^3/\text{mês}$, consideraram-se como normais os contadores com consumos médios faturados de $1-5$, de $5-20\text{m}^3$ E DE $20-100\text{m}^3$.

Assim, seleccionaram-se as restantes classes de faturação, consideradas anómalas e obtiveram-se os seguintes dados:

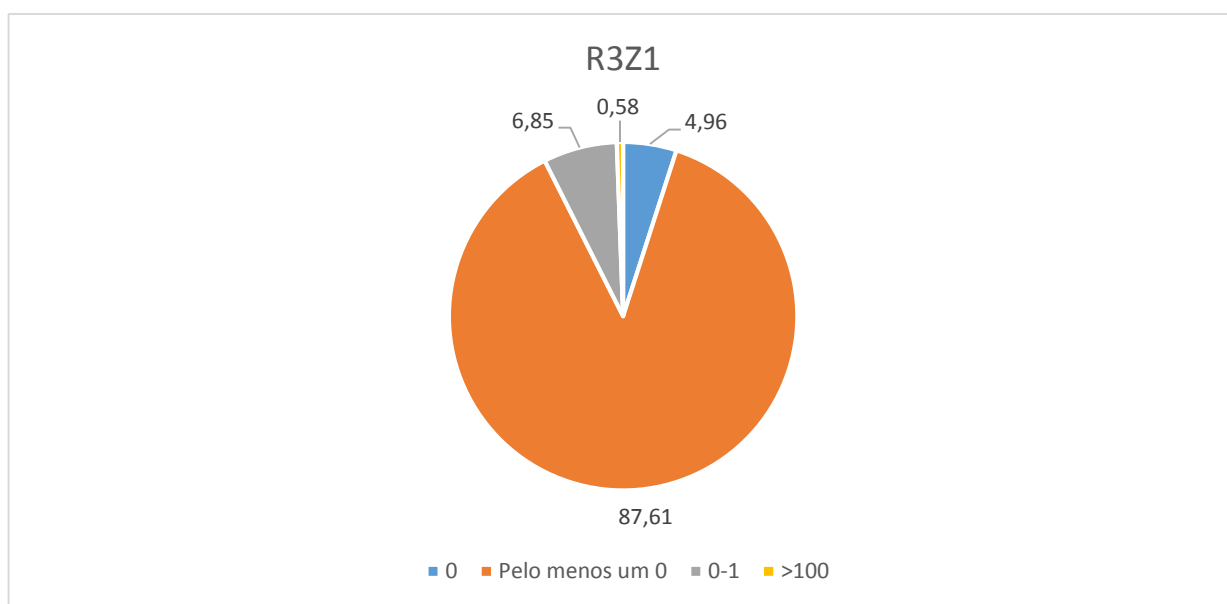


Figura 5. 1 - Percentagem de contadores por classe de consumo médio faturado da R3Z1.

Através do gráfico da fig. 5.1, referente à R3Z1, constatou-se que 89,61% dos contadores apresentaram pelo menos um registo mensal do consumo faturado igual a 0m^3 , 6,85% um consumo médio mensal faturado de $0-1\text{m}^3$, 4,95% igual a 0m^3 e apenas 0,58% superior a 100m^3 .

Conhecida a data de instalação de cada contador, aferiu-se a idade do mesmo. De seguida, verificaram-se os que se encontram em fim de vida, de acordo com o seu diâmetro e tendo em conta que são todos do tipo volumétrico, conforme regulamentado na Portaria n.º 331/1987 de 23 de Abril.

Os resultados obtidos encontram-se ilustrados no seguinte gráfico:

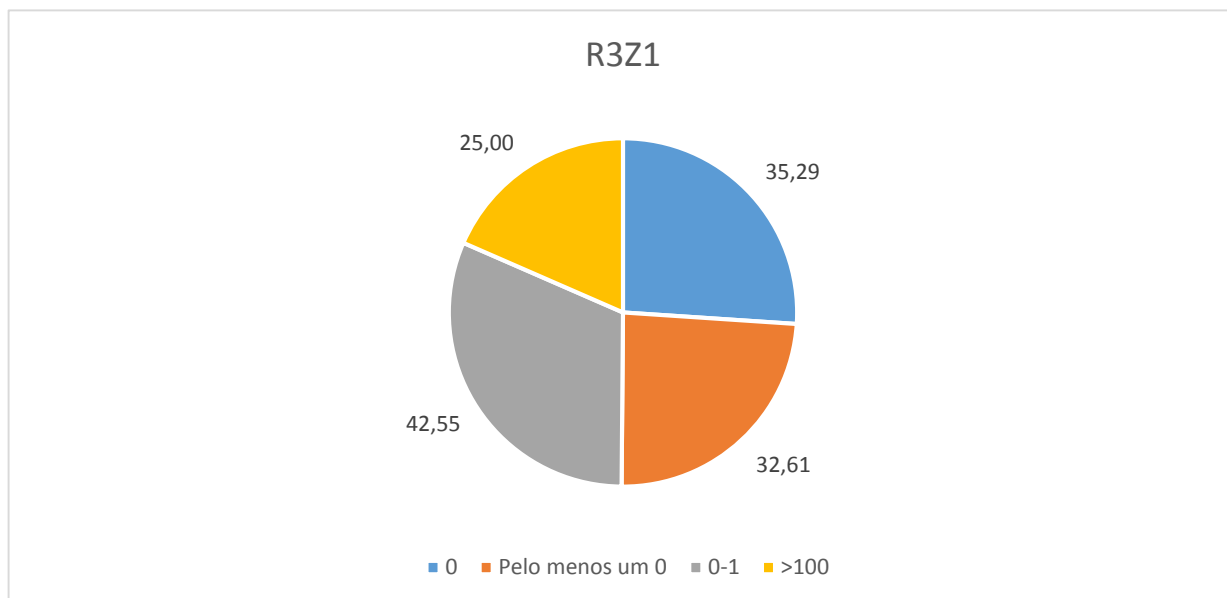


Figura 5. 2 - Percentagem de contadores, por classes de faturação, a atingir o fim de vida na R3Z1.

Através do gráfico da fig. 5.2, referente à R3Z1, constatou-se que se encontram em fim de vida 42,55% dos contadores com um consumo médio mensal faturado entre 0 e 1 m³, 35,9% dos contadores com um consumo médio mensal faturado igual a 0m³, 32,61% dos que apresentaram pelo menos um registo mensal do consumo faturado igual a 0m³ e 25% dos apresentaram um consumo médio mensal superior a 100m³.

Obtidos estes resultados, poder-se-á ter chegado à razão destes consumos anómalos, ou seja, uma vez que os contadores perdem precisão de medição ao longo do tempo, poderá estar-se a perder um volume significativo de água por faturar, nesta ZMC, devido à idade dos contadores.

Já para a R3Z2, os resultados obtidos foram os seguintes:

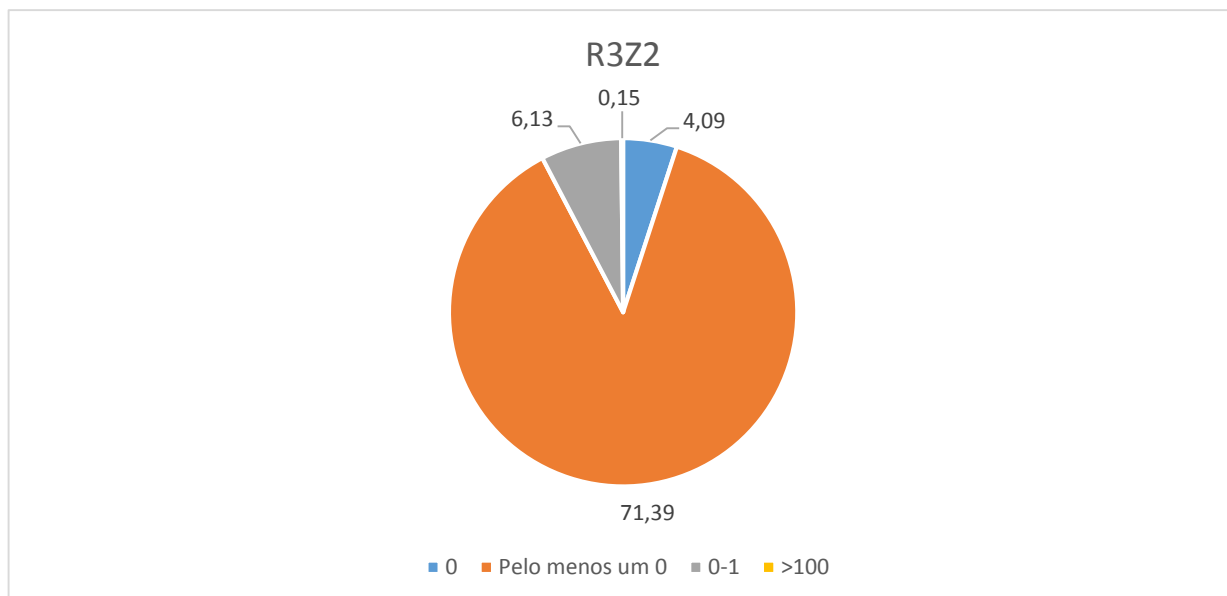


Figura 5. 3 - Percentagem de contadores por classe de consumo médio faturado da R3Z2.

De acordo com a fig. 6.3, no que diz respeito a esta ZMC, 71,39% dos contadores apresentaram pelo menos um registo mensal do consumo faturado igual a 0m³, 6,13% um consumo médio mensal faturado de 0-1m³, 4,09% igual a 0m³ e apenas 0,15% superior a 100m³.

Em termos de percentagem de contadores em fim de vida, de acordo com a sua classe de faturação temos:

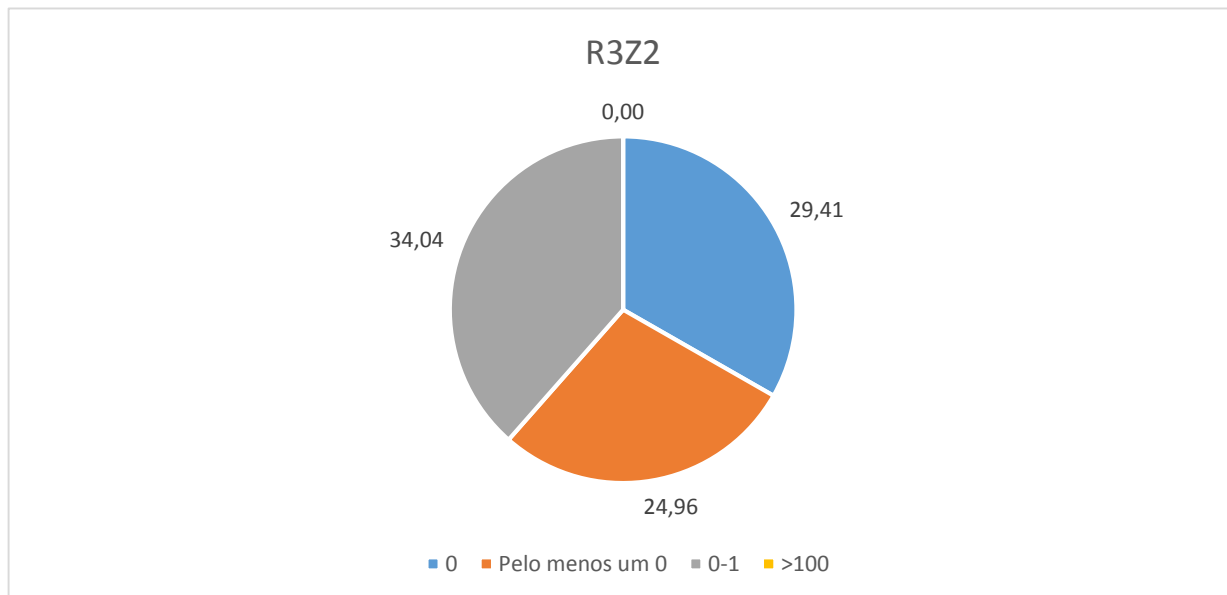


Figura 5. 4 - Percentagem de contadores, por classes de faturação, a atingir o fim de vida na R3Z2.

Dado o gráfico da fig.5.4 apresentado, constatou-se que se encontram em fim de vida 34,04% dos contadores com um consumo médio mensal faturado entre 0 e 1 m³, 29,41% dos contadores com um consumo médio mensal faturado igual a 0m³, 32,61% dos que apresentaram pelo menos um registo mensal do consumo faturado igual a 0m³ e 0% dos apresentaram um consumo médio mensal superior a 100m³.

Dado o panorama obtido, verifica-se que uma elevada percentagem dos contadores com consumos considerados anómalos encontram-se em fim de vida. A idade dos contadores poderá assim ser a resposta de uma parte da água não faturada da R3Z2.

5.2 AVALIAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS DA SUBSTITUIÇÃO DE CONTADORES DA ÁGUA

Analisados os 1837 contadores da R3Z1 e os 1699 da R3Z2, constatou-se que seriam precisos substituir 229 e 176, respetivamente por já se encontrarem em fim de vida. De acordo com o seu diâmetro, considerou-se o custo por unidade (valor indicativo fornecido pela Empresa que inclui o custo de aquisição e encargos com deslocação e instalação do contador) e obteve-se um custo total da adoção desta medida, conforme indicado nas tabelas seguintes.

Tabela 5. 2 - Custos da substituição do parque de contadores.

	Diâmetro (mm)	Custo de aquisição, deslocação e instalação (€)	Nº a substituir	Custo (€)	Custo Total (€)
R3Z1	15	50	226	5650	6550
	40 e 50	250	2	500	
	80	400	1	400	
R3Z2	15	50	175	4375	4625
	40 e 50	250	1	250	
	80	400	0	0	
TOTAL					11175

Obtido o custo total desta medida, importa aferir os benefícios que ela traria. Para tal, considerou-se, que se procederia à substituição destes contadores de água, em Dezembro de 2014 e que, portanto, de uma forma grosseira, que o valor das perdas aparentes por erros de medição passariam, em Janeiro, Fevereiro e Março de 2015, para 2% que corresponde ao erro máximo admissível (EMA) para volumes debitados a caudais entre o caudal de transição (Q_2), inclusive, e o caudal de sobrecarga (Q_4) para água a temperatura inferior a 30°C (Directiva 2004/22/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, 2004).

Por fim obteve-se o volume de água que passaria a ser faturada, e portanto, o montante poupado, considerando uma tarifa doméstica de 2º escalão, ou seja, correspondente a um consumo médio mensal de 6 a 10 m³ (Diário da República, 2.ª série N.º 1, 2 de janeiro de 2015, 2015).

Tabela 5. 3 - Volume estimado de água perdido por erros de medição.

ZMC	Volume Estimado Perdido por Erros de Medição (m³)			Volume Estimado Perdido por Erros de Medição (%)		
	Janeiro	Fevereiro	Março	Janeiro	Fevereiro	Março
R3Z1	1189	913	1175	4,8	4,8	4,8
R3Z2	574	609	614	4,7	4,7	4,7

Tabela 5. 4 - Volume total de água e montante poupado com a substituição do parque de contadores.

ZMC	Volume Perdido por 2 % de Erros de Medição (m³)			Preço do m³ (€)	Volume Total Poupado (m³)	Montante Poupado (€)
	Janeiro	Fevereiro	Março	0,83*		
R3Z1	495	308	490		1984	1647
R3Z2	244	259	261		1033	857
TOTAL						2504

*Estes preços são sujeitos a IVA à taxa de 6 %

Pela análise de custos e benefícios, a substituição dos contadores em fim de vida destas duas ZMC acarretaria um custo total à EG de 11175 euros sendo que nestes 3 meses de duração da dissertação, apenas se conseguiria um retorno total de 2504 euros. Desta feita, seriam precisos mais 11 meses para que o custo fosse recuperado.

Contudo, importa ainda salientar que não poderá haver uma correta gestão numa EG se os contadores não forem devidamente considerados pois, afinal, eles são o único elemento de toda a rede de abastecimento que produz a medição e dá origem a faturação.

Apesar de neste caso, como em muitos outros, na vertente económica, a prática demonstrar que os benefícios da faturação resultantes apenas do estrito cumprimento da legislação não são serem os mais interessantes, uma gestão dos parques de contadores verdadeiramente eficaz, conduzirá a maiores rentabilidades num SAA. Para tal, essa gestão deve ser baseada no balanceamento dos proveitos resultantes do combate à subfaturação versus os custos de substituição sistemática de contadores.

A metodologia mais correta a adotar deveria ser aquela baseada no seguinte gráfico (APDA, 2014):

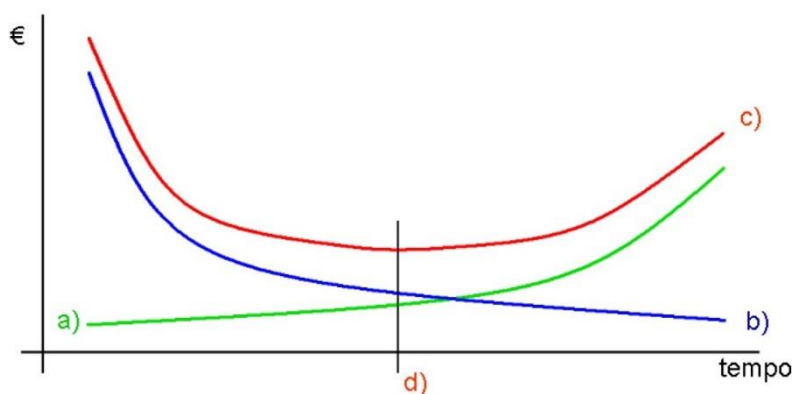


Figura 5. 5 - Sub-faturação versus Custos de substituição sistemática de contadores.

Em que:

- a) – curva típica representativa da evolução, no tempo, das perdas por submedição
- b) – curva típica representativa da evolução, no tempo, dos custos de substituição
- c) – curva composta pela adição das ordenadas das curvas a) e b)
- d) – ponto de custos mínimos (data ideal para a substituição do contador)

As perdas por submedição (curva a)) será afetada por parâmetros como o preço da água, custos energéticos, custos de tratamentos e análises e amortizações dos equipamentos e tendem a aumentar com a idade dos contadores, conforme indicado no gráfico. Assim, e conforme os resultados obtidos nesta dissertação, é possível verificar que apenas uma pequena percentagem de recuperação de contagem pode ser suficiente para aumentar significativamente a faturação corrente.

Por outro lado, os encargos devidos à substituição dos contadores (curva b)) advém do preço dos novos a adquirir, dos custos de mão-de-obra com as operações de substituição, dos transportes e armazenagem necessários, da reparação de eventuais danos nas canalizações dos consumidores e dos custos administrativos de gestão do processo.

Já da curva c) resultante, retira-se a informação, correspondente ao seu ponto mínimo, da altura em que se deverá proceder à substituição economicamente rentável dos contadores analisados (APDA, 2014).

5.3 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO ESTUDO DA DETECÇÃO E CONTROLO DE CONSUMOS ILÍCITOS

Consumos Ilícitos

Conforme regulamentado, os utilizadores não devem fazer uso indevido ou danificar qualquer infraestrutura ou equipamento dos sistemas públicos de abastecimento de água. O que significa que qualquer adulteração de contador ou uma ligação ilícita à rede por parte do consumidor constituem infrações sujeitas a uma coima.

Detetado um consumo ilícito, o abastecimento de água ao consumidor fraudulento pode ser interrompido por parte da EG, após aviso prévio, quer no âmbito de uma inspeção ao sistema predial do mesmo quer por mora deste no pagamento dos consumos realizados.

Ainda de acordo com a legislação vigente, em caso de suspeita de fraude, as EG podem proceder a ações de inspeção do sistema predial pelo que o proprietário deve permitir o livre acesso da EG desde que devidamente avisado (2009).

Relativamente ao caso de estudo, a Empresa possui um Regulamento dos Sistemas Públicos e Prediais de Abastecimento de Água e de Drenagem e Tratamento de Águas Residuais do Município de Vila Nova de Gaia cujo objetivo é o de garantir o seu funcionamento global, assegurando a segurança, a saúde pública e o conforto dos utentes.

Segundo o ponto 2 do artigo 71 do regulamento supracitado, os utilizadores não devem fazer uso indevido ou danificar qualquer infraestrutura ou equipamento dos sistemas públicos de abastecimento de água. Caso se verifique alguma infração, esta dará origem a uma contraordenação com uma coima definida no regulamento das Águas de Gaia, E.M.,S.A..

Conforme indicado no artigo 21, de forma a permitir o controlo de fugas e redução de perdas por parte da EG, toda a água da rede pública consumida terá, obrigatoriamente, de ser medida, incluindo a destinada a rega de jardins, lavagens de arruamentos, passeios, pátios e parques de estacionamento, abastecimento de fontanários ou lavadouros e, quando possível, em consumos extraordinários ou imprevistos, nomeadamente derivados de incêndios. Posto isto, o estabelecimento de ligações diretas constitui uma violação do disposto neste artigo, dado que nesta situação não há contabilização da água fornecida ao consumidor (2009).

Na Fig. 5.6 apresenta-se a evolução do número de ilícitos detetados pelas equipas de suspensão do fornecimento de água desde de o mês de janeiro de 2015 até abril do mesmo ano.

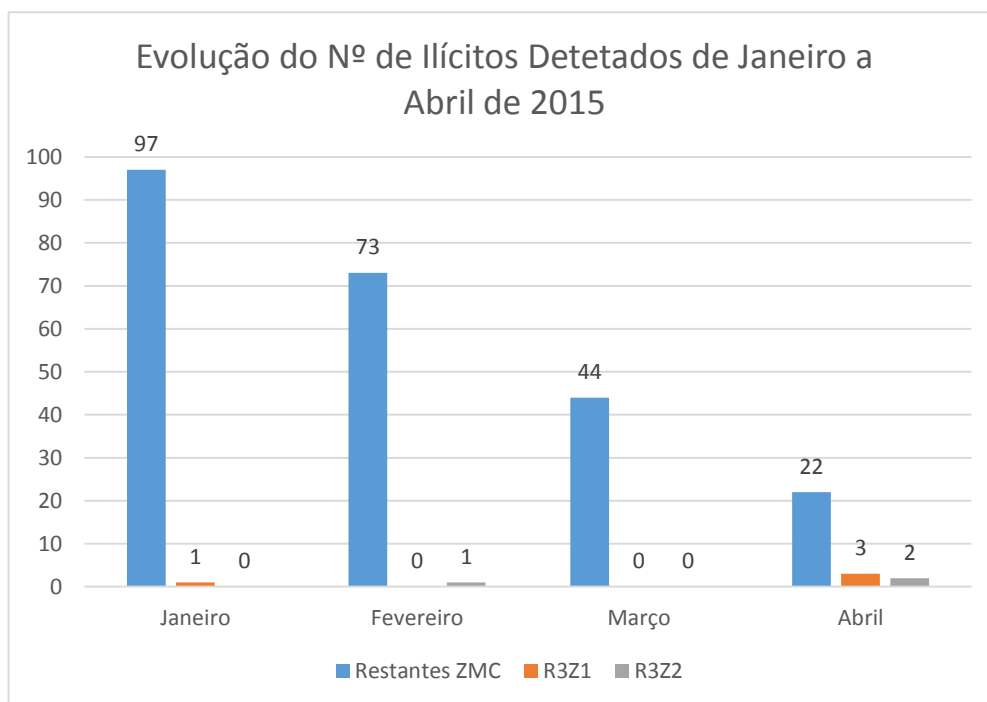


Figura 5. 6 - Evolução do número de ilícitos detetados desde janeiro até abril de 2015.

A figura anteriormente apresentada resulta do número de ilícitos detetados desde janeiro até abril de 2015, nomeadamente de ligações diretas, violações de selo e aberturas abusivas do fornecimento detetadas pelas equipas de suspensão do abastecimento de água da EG.

Analisando a figura verifica-se que nos primeiros três meses, as duas ZMC estudadas não apresentaram uma grande variabilidade no número de ilícitos detetados, que foram apenas 2. Já em Abril verificaram-se 5 situações destas.

No que diz respeito às restantes ZMC, houve um decréscimo bastante acentuado do número de ilícitos detetados desde janeiro até abril, dado que passaram de 97 para 22 casos.

Pode-se assim concluir que, para o mês de janeiro, os ilícitos detetados nas ZMC estudadas corresponderam a cerca de 1,0% dos totais registados para toda a rede. Em fevereiro a, aproximadamente e 1,4%, em março a 0%. Contudo, em abril, essas situações corresponderam a 18,5% das detetadas em toda a rede, um valor bastante considerável. Em suma, 2,9% das situações de fraude registadas ao longo da dissertação foram detetadas nestas duas ZMC.

Através do relatório e contas de 2014 da Empresa, obteve-se o número total de clientes da rede (131867) (Águas de Gaia, 2015).

Se analisarmos em termos de número de clientes, tendo em conta que as ZMC têm um total de cerca de 3536 clientes, foi possível concluir que 0,20% deles cometeram fraude (7). Este valor demonstrou ser bastante semelhante à percentagem de clientes que praticou ilícitos na rede toda, que foi de 0,18%, ou seja, 243 clientes em 131867.

Para uma melhor compreensão das zonas com maior incidência de atos ilícitos, a georreferenciação dos casos detetados demonstra ser uma ferramenta bastante útil. Esta metodologia permite perceber de uma forma rápida, quais as zonas mais problemáticas e nas quais se deve intervir em primeiro lugar. Contudo, por questões de confidencialidade para o cliente, não foi possível apresentar.

Quando detetada uma infração, a EG procede à elaboração de uma participação com o intuito de evitar que o responsável volte a cometer o ilícito pelo que é evidente a relação entre a elaboração da participação, a redução do número de ilícitos e consequentemente a diminuição das perdas aparentes.

Conforme já referido, a deteção de consumos ilícitos é, geralmente, efetuada pelos leitores que ao visitarem os contadores das habitações dos clientes, detetam este tipo de irregularidades.

A metodologia utilizada nesta dissertação para a deteção de consumos ilícitos de água, consistiu na identificação de consumos médios mensais faturados nulos ou reduzidos quando, conforme a ERSAR, uma típica família portuguesa apresenta um consumo médio mensal de água de 10 m³. Desse estudo resultaram 153 casos sendo que apenas foram possíveis visitar 85 e desses apenas 7 correspondiam a situações de consumo fraudulento.

Os consumos ilícitos de água apresentam um impacto direto na sustentabilidade financeira de uma EG, pelo que é importante estimar os custos que estes acarretam para a mesma. Por forma a conseguir estimá-los é necessário ter conhecimento do tarifário adotado pela empresa. Na Tabela 4.8 apresenta-se o tarifário da Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A. em vigor desde 1 de janeiro de 2015, apenas referente ao consumo doméstico pois todos os ilícitos detetados correspondiam a esta tipologia.

De salientar que as moradas e clientes analisados nesta dissertação não foram identificados por razões de confidencialidade.

Tabela 5. 5 - Tarifário aplicado pela Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M.,S.A.

<i>Designação</i>	<i>Escalão (m³)</i>	<i>Tarifa (€/m³)</i>
<i>Consumo Doméstico</i>	0 – 5	0,45 (1)
	6 – 10	0,83 (1)
	11 – 20	1,90 (1)
	21 - 40	2,50 (1)
	> 40	2,50 (1)

(1) Estes preços são sujeitos a IVA à taxa de 6 %

Não obstante, importa ainda considerar os custos de suspensão do fornecimento de água após a suspeita de ilícitos. Quando esta situação se verifica, é criada uma ordem de suspensão de abastecimento cujo custo é de 15 euros, a que acresce o IVA à taxa legal em vigor segundo o tarifário atual da EG.

Relativamente aos encargos com a deslocação ao local e o custo de instalação de um contador, consideraram-se iguais a 15 euros (valor indicativo) a que acresce o IVA à taxa legal em vigor segundo o tarifário atual da Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A.. Este valor foi calculado considerando que o custo da mão-de-obra direta é de 8 euros, no qual incluiu os honorários dos funcionários, a duração média de uma visita e a percentagem de tempo que os colaboradores utilizam para a substituição de contador. O custo do combustível e o desgaste das viaturas foi também calculado, obtendo-se um valor médio de 4 euros, incluído no custo da substituição do contador. Este resultado inclui ainda os custos administrativos (despesas com material de suporte administrativo e a remuneração dos colaboradores do *backoffice*), avaliados em 3 euros.

ILÍCITO I

Na Figura 5.7 apresenta-se o consumo cumulativo de água de um dado cliente, de acordo com as últimas 5 leituras registadas.

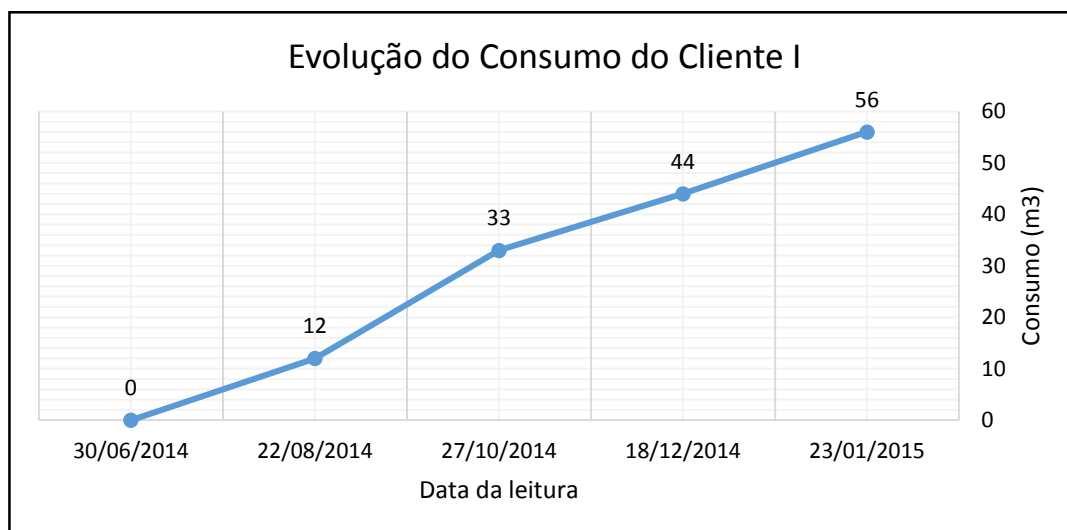


Figura 5. 7 - Representação do consumo cumulativo do cliente I.

Analisando o gráfico anteriormente apresentado, conclui-se que de junho de 2014 a janeiro de 2015, o consumo de água deste cliente foi, conforme desejado, aumentando. No entanto, este aumento demonstra ser anómalo pois não reflete um esperado consumo médio mensal de uma família típica portuguesa, de 10m³.

Face aos números apresentados anteriormente, considerou-se que este cliente poderia estar a cometer alguma ilicitude pelo que se procedeu à visita do contador.

A inspeção efetuada permitiu concluir que esta situação corresponde a um ilícito

Os impactes do ilícito I na EG, ou seja o volume de água consumido de forma indevida e os custos da ilicitude estão apresentados na Tabela 5.6.

Tabela 5. 6 - Impactes do ilícito I na EG.

Variáveis	Valor
Volume de água consumido (m ³)	17
Custo para a EG (€)	31
Custo da deteção do ilícito (€)	15

Os valores apresentados na tabela precedente foram obtidos analisando as bases de dados da empresa. Verificou-se que a última leitura registada foi efetuada em janeiro de 2015, tendo em conta essa leitura e data da deteção do ilícito, constatou-se que o cliente consumiu indevidamente 17 m³ a que corresponde um custo de aproximadamente 31 euros, considerando as tarifas em vigor na EG.

ILÍCITO II

Na Fig. 5.8 é possível observar a evolução dos consumos cumulativos de água do cliente II.

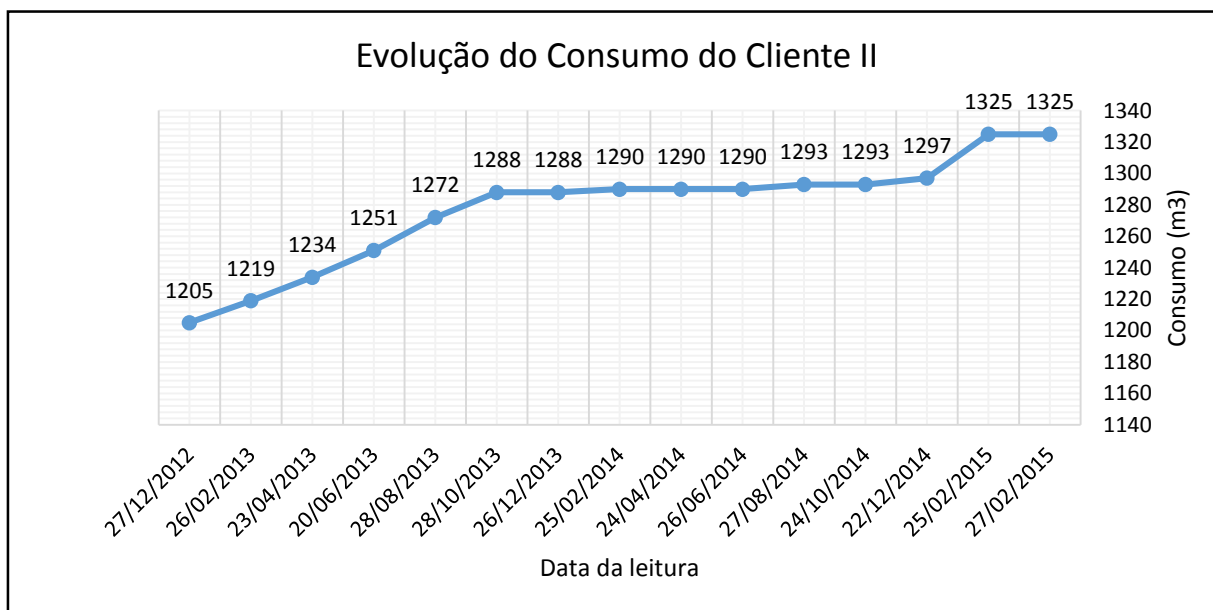


Figura 5. 8 - Representação do consumo cumulativo do cliente II.

Observando a figura anterior verifica-se que o consumo cumulativo deste cliente de dezembro de 2009 até Outubro de 2010 apresentou um aumento, conforme esperado. Contudo, a partir dessa data até Dezembro de 2014 esse consumo praticamente não se alterou, aumentando apenas 9m³. De seguida, até Fevereiro registou-se um novo aumento seguido de uma estabilização.

Tendo em conta os factos referidos anteriormente, concluiu-se que esta situação poderia corresponder a um ilícito. E portanto entendeu-se que seria prudente fazer uma visita à habitação, pelo que se concluiu que efetivamente foi cometida uma ilicitude.

Na Tabela 5.7 apresenta-se o impacte deste ilícito nas contas da EG.

Tabela 5. 7 - Impactes do ilícito II na EG.

Variáveis	Valor
Volume de água consumido (m ³)	6
Custo para a EG (€)	5
Custo da deteção do ilícito (€)	15

Face à data da última leitura realizada (27 de Fevereiro de 2015) e da deteção do ilícito (14 de Abril) conclui-se que o cliente consumiu cerca de 6 m³ de água de forma indevida, o que corresponde a uma perda económica de 5euros para a EG.

ILÍCITO III

A Fig. 5.9 contém o histórico de consumo cumulativo deste cliente desde fevereiro de 2012 até Maio de 2014.

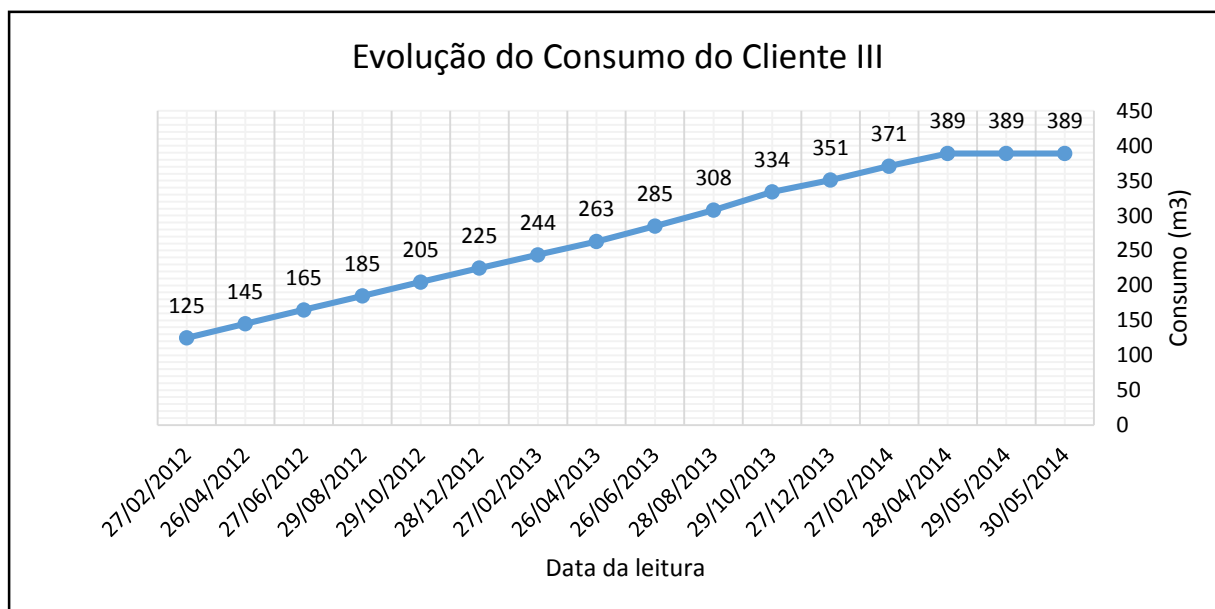


Figura 5. 9 - Representação do consumo cumulativo do cliente III.

Observando atentamente a figura anteriormente apresentada constata-se que os consumos de água mensais são bastante reduzidos, havendo meses de consumo nulo o que significa que possivelmente a habitação é ocupada esporadicamente. Considerando o facto de o

abastecimento de água deste cliente ter sido cortado em julho e também em novembro de 2014 e ainda que este cliente consumiu água sem ter sido efetuada a religação por parte da EG, concluiu-se que poderia existir uma ilicitude.

Mediante os factos anteriormente mencionados, entendeu-se que havia razões para proceder a uma visita à habitação pelo que se verificou que de facto o cliente estava a consumir água indevidamente.

Após a deteção desta infração, o abastecimento foi novamente suspenso e foi criada uma participação. Recorrendo ao histórico do cliente através dos registos da empresa verificou-se que não é a primeira vez que este comete uma ilicitude, mas sim a terceira pelo que corresponde a um comportamento recorrente. Posto isto, a EG deve prestar a devida atenção e como tal recomenda-se que o padrão de consumo deste utilizador seja periodicamente analisado, de modo a detetar precocemente a ocorrência de novas ilicitudes no futuro.

Na Tabela 5.8 estão apresentados os valores do impacte deste ilícito na EG.

Tabela 5. 8 - Impactes do ilícito III na EG.

Variáveis	Valor
Volume de água consumido (m ³)	67
Custo para a EG (€)	168
Custo da deteção do ilícito (€)	15

Observando a tabela anterior, conclui-se que na deteção de ilícitos é muito importante atuar o mais cedo possível por forma a evitar elevados custos para a EG e volumes de água significativos. Tendo em conta as tarifas aplicadas na empresa e a última leitura registada do contador deste cliente até ao momento do corte do abastecimento de água, conclui-se que foram consumidos cerca de 67 m³ de água de forma indevida, o que corresponde a uma perda de receita de, aproximadamente, 168 euros para a EG. O custo da deteção da ilicitude foi de 15 euros, que inclui a deslocação das equipas de suspensão do abastecimento de água ao local.

ILÍCITO IV

Na Fig. 5.10 apresenta-se o consumo cumulativo de água do cliente IV.

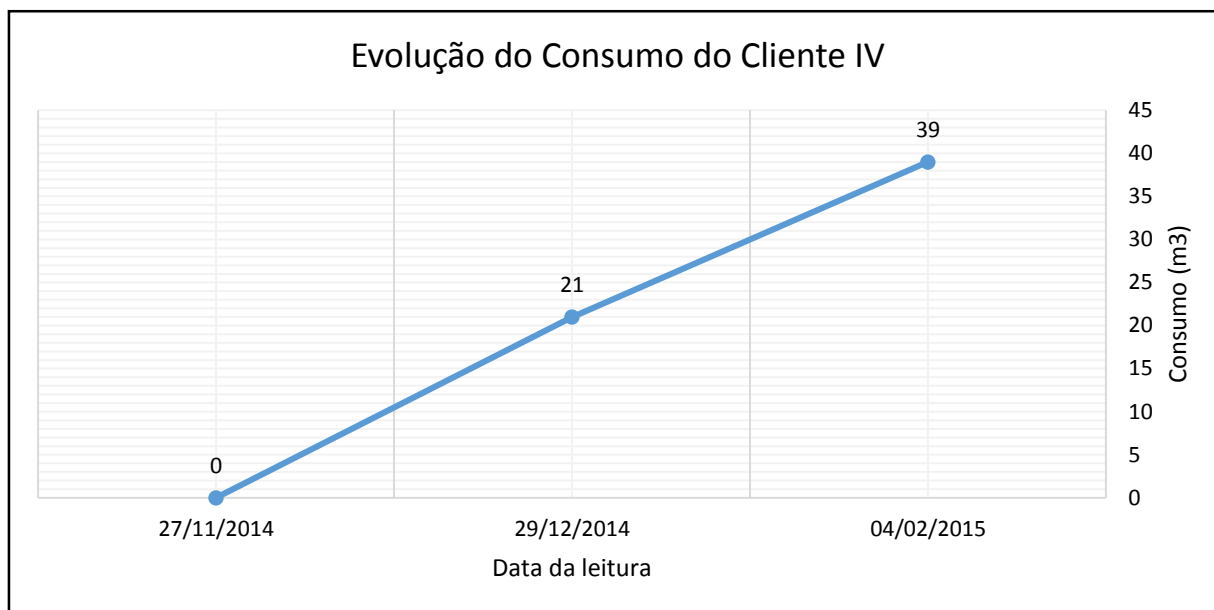


Figura 5. 10 - Representação do consumo cumulativo do cliente IV.

Analisando a figura precedente verificou-se que este cliente tem um histórico de consumo de água normal, apesar de reduzido, o que não levantaria qualquer tipo de suspeitas para a EG. No entanto, analisando as bases de dados da EG, concluiu-se que o fornecimento de água já lhe tinha sido suspenso em outubro de 2014 e em Março de 2012.

Perante estas evidências, entendeu-se que seria prudente proceder a uma inspeção à habitação de forma a clarificar a situação e concluiu-se que efetivamente foi cometida uma ilicitude.

Os impactes deste caso para a EG estão apresentados na Tabela 5.9.

Tabela 5. 9 - Impactes do ilícito IV na EG.

Variáveis	Valor
Volume de água consumido (m ³)	26
Custo para a EG (€)	65
Custo da deteção do ilícito (€)	15

Visualizando a tabela anteriormente apresentada conclui-se que, desta vez, o cliente consumiu cerca de 26 m³ de água, tendo em conta a data da última leitura registada e a da suspensão do fornecimento de água, o que corresponde a uma perda de receita de, aproximadamente, 66 euros para a EG, a que acresce ainda os custos com a deslocação das equipas de revisão de corte ao local.

ILÍCITO V

De modo a averiguar a possibilidade de existência de uma ilicitude representou-se o consumo cumulativo deste cliente desde 2011 até 2013 (data do último registo) tal como pode ser visualizado na Fig. 5.11.

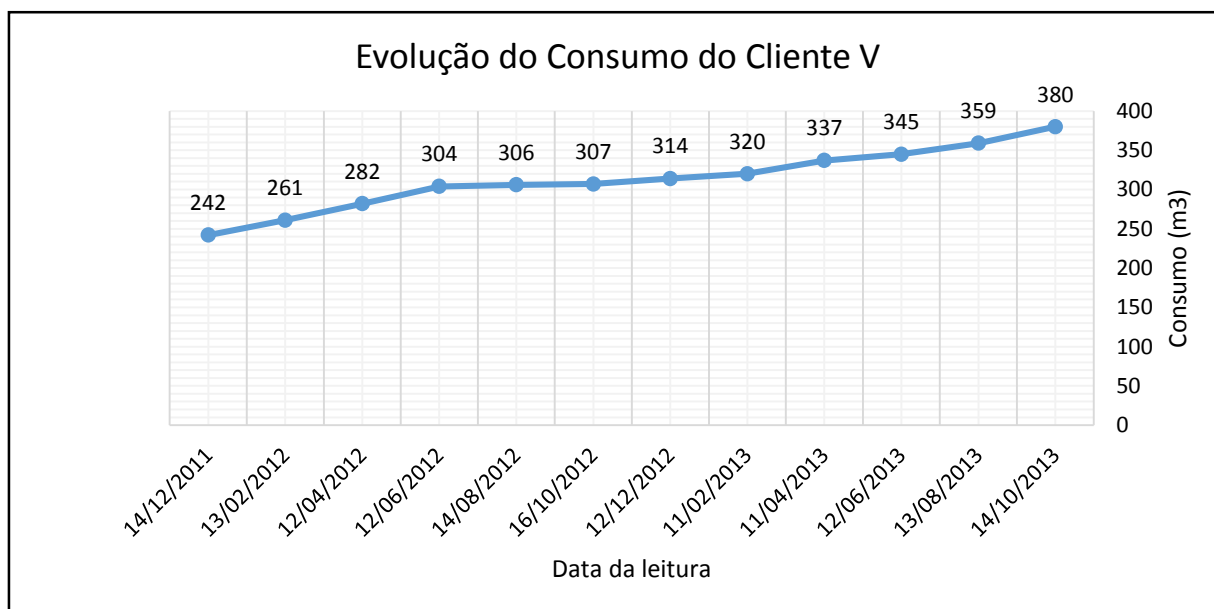


Figura 5. 11 - Representação do consumo cumulativo do cliente V.

Observando detalhadamente a figura anterior verifica-se que existe até junho de 2012 alguma variabilidade nos consumos de água mensais deste cliente, enquadrados no valor do consumo médio mensal de uma família típica portuguesa. Contudo, a evolução do consumo tende a ser reduzida após essa data.

Considerando que houve corte do fornecimento em outubro de 2013 e a partir desse momento não houve pedido de religação à EG percebe-se que o cliente passou, provavelmente, a consumir água indevidamente. Face às evidências apresentadas, foi efetuada uma fiscalização que permitiu concluir que este cliente abriu o fornecimento de água indevidamente o que constitui um ilícito.

Os encargos desta ilicitude para a EG estão apresentados na Tabela 5.10.

Tabela 5. 10 - Impactes do ilícito V na EG.

Variáveis	Valor
Volume de água consumido (m³)	87
Custo para a EG (€)	217
Custo da deteção do ilícito (€)	15

Analisando a base de dados da EG constatou-se que o cliente consumiu cerca de 87 m³ indevidamente, o que corresponde um custo de, aproximadamente, 217 euros.

ILÍCITO VI

A Fig. 5.12 mostra a evolução dos consumos de água do cliente VI.

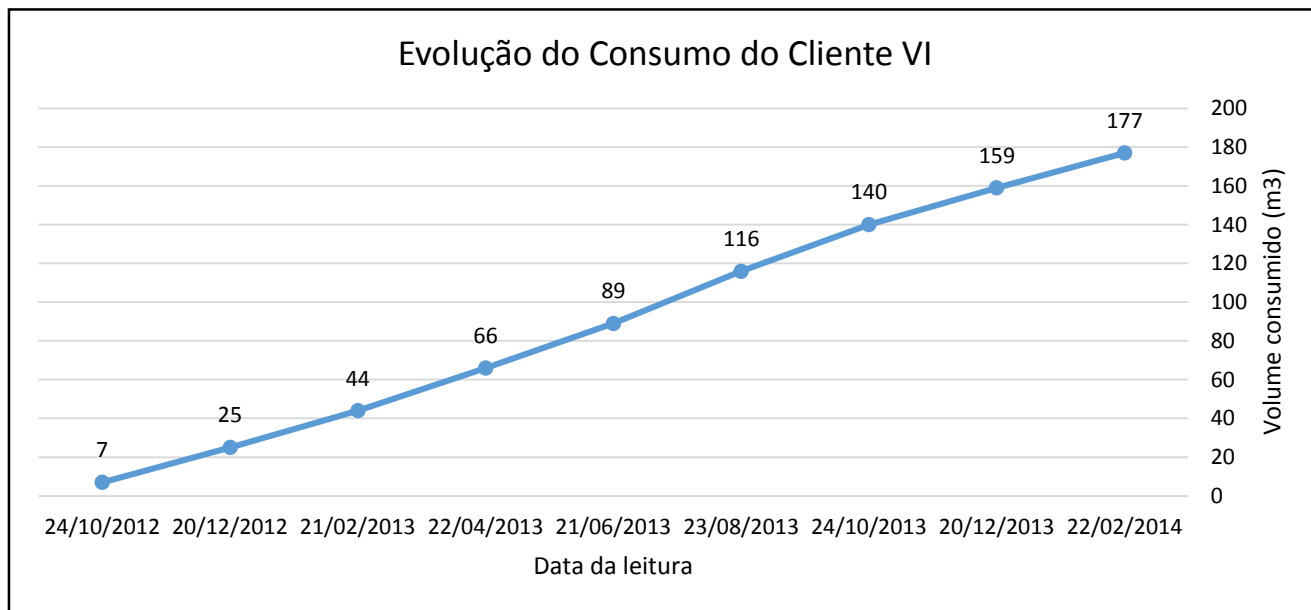


Figura 5. 12 - Representação do consumo cumulativo do cliente VI.

Analisando a figura anterior verifica-se que o histórico de consumo deste cliente é relativamente constante. Todavia tendo em conta, que esta habitação tinha o fornecimento de água suspenso desde fevereiro de 2014 e não houve pedido de religação após esse momento, conclui-se que o cliente pode ter cometido uma ilicitude e portanto foi efetuada uma visita à habitação.

Constatada a fraude, a a Tabela 5.11 mostra o impacte do ilícito VI para a EG.

.Tabela 5. 11 - Impactes do ilícito VI na EG

Variáveis	Valor
Volume de água consumido (m³)	132
Custo para a EG (€)	331
Custo da deteção do ilícito (€)	15

Observando a tabela anteriormente apresentada, apurou-se que o cliente consumiu cerca de 132 m³ de água de forma ilícita, a que corresponde uma perda de receita para a empresa de cerca de 331 euros, estes valores foram obtidos recorrendo às bases de dados da empresa e considerando a data da leitura do momento da suspensão do fornecimento de água e a data da deteção do ilícito.

Este cliente tem um histórico de incumprimento na medida em que o abastecimento já tinha sido cortado em julho de 2012.

ILÍCITO VII

Na Fig. 5.13 mostra-se a evolução do consumo de água do cliente VII.

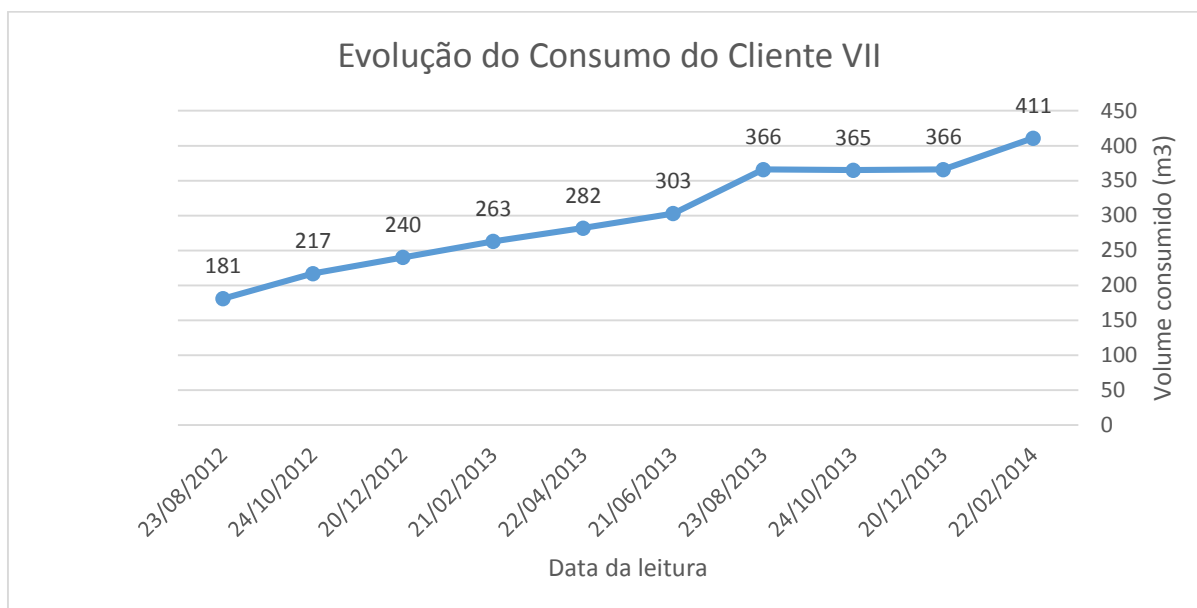


Figura 5. 13 - Representação do consumo cumulativo do cliente VII.

Visualizando a figura anteriormente apresentada permite concluir-se que o padrão de consumo deste cliente é regular até agosto de 2013. A partir dessa data, o consumo diminuiu e aumentou ligeiramente pelo que para confirmar o ilícito procedeu-se a uma visita ao local.

Na Tabela 5.12 é possível visualizar o volume de água consumida de forma indevida e os custos deste ilícito para a EG.

Tabela 5. 12 - Impactes do ilícito VII na EG.

Variáveis	Valor
Volume de água consumido (m³)	158
Custo para a EG (€)	396
Custo da deteção do ilícito (€)	15

A tabela precedente permite concluir que este cliente consumiu, cerca de, 158 m³ de água indevidamente, a que corresponde um prejuízo económico de 396 euros. Estes valores foram obtidos considerando a data da última leitura do contador registada e a data da deteção do ilícito.

5.4 AVALIAÇÃO DE CUSTOS E BENEFÍCIOS DA DETECÇÃO E CONTROLO DE ILÍCITOS

Finalizada a apresentação dos resultados desta dissertação é interessante analisá-los integralmente e perceber quais as suas consequências. Em primeiro lugar, convém referir que com a presente dissertação foram identificados 7 ilícitos no SAA de Gaia. Este valor corresponde a 2,9% das ilicitudes detetadas na EG, desde o início do ano de 2015 até abril do mesmo ano. Em segundo lugar, a determinação do volume de água consumido de forma ilícita e dos seus custos para a EG é essencial para entender as suas implicações nas perdas aparentes.

Na Tabela 5.13 apresenta-se o volume de água consumido indevidamente e o custo de todos os ilícitos, assim como os resultados totais.

Tabela 5. 13 - Custos totais e benefícios da deteção e controlo dos consumos ilícitos.

Ilícito	Volume de Água Não Faturado (m³)	Custo da Visita e Corte de Abastecimento (€)	Montante que se teria poupado (€)
I	17	15	31
II	6	15	5
III	67	15	168
IV	26	15	65
V	87	15	217
VI	132	15	331
VII	158	15	396
Total	494	105	1214

Observando a tabela anterior verifica-se que aos 7 casos de ilícitos detetados, está associado um volume de água consumida de forma indevida de cerca de 494 m³ (cerca de 70 m³/cliente), o que significou uma perda de receita para a EG de 1214 euros (aproximadamente 174 euros/cliente). Verificou-se ainda que 4 desses ilícitos ocorreram na R3Z1 e 3 na R3Z2 pelo que se poderá concluir que em ambas as ZMC uma reduzida propensão para ilicitudes.

Para a análise de custos e benefícios da deteção e controlo de ilícitos, considerou-se que esta medida acarretaria um custo total à EG de 105 euros, correspondente aos encargos de deslocação dos técnicos ao local e do corte da ligação ilícita.

Relativamente aos benefícios que a medida adotada traria, considerou-se o volume de água que poderia ter-se faturado, e portanto, o montante poupado, caso esta verificação tivesse ocorrido antes do início do estudo da dissertação, ou seja, antes de Janeiro de 2015. Desta feita, a EG teria poupado cerca de 1214 euros pelo que se pode concluir que o retorno seria bastante superior aos custos necessários para a implementação desta medida.

Importa ainda referir que o impacto a nível económico sobre a EG das ilicitudes detetadas precocemente foi menor pelo que resulta claro a importância de analisar permanentemente o histórico de consumo dos clientes de forma a detetar os ilícitos ainda na sua fase inicial. A deteção de ilícitos torna-se assim crucial no âmbito da redução das perdas aparentes, porém não basta identificar os clientes com consumo fraudulento, sendo igualmente necessário regularizar a situação e garantir que o cliente não volte a cometer ilicitudes.

Foi ainda possível perceber ao longo da apresentação dos resultados que dos 7, 3 dos casos identificados correspondem a clientes já com historial de incumprimento sendo portanto essencial que a EG analise permanentemente os consumos destes utilizadores. Para que este tipo de metodologia tenha efeitos práticos na redução das perdas aparentes é necessário garantir um controlo permanente dos clientes habitualmente infratores com o intuito de incutir uma cultura de cumprimento.

Com a implementação de um sistema de deteção de ilícitos nas EG, estas conseguirão obter positivos na redução do nível de perdas aparentes, pois este demonstra ter um efeito dissuasor sobre clientes com predisposição para cometer ilicitudes. Não obstante, a suspensão do abastecimento de água aos clientes incumpridores é crucial para garantir a sustentabilidade financeira da EG, impedindo que a dívida desta aumente exponencialmente.

A verdade é que dada a situação económica de crise atualmente em Portugal, são cada vez mais os casos de consumidores que não conseguem pagar a fatura da água no prazo estabelecido e por isso vêem o abastecimento cortado pela EG. Dado o corte de abastecimento deste recurso essencial à vida, muitos desses casos de famílias sem rendimentos restabeleçam ilegalmente o fornecimento de água, o que constitui um consumo não autorizado e contribui para o aumento das perdas aparentes no SAA.

Contudo, o abastecimento de água pode e deve ser suspenso em casos de falta de pagamento da fatura, apesar de controverso dado o acesso à água ser um direito humano. Há que ter em consideração que as atividades inerentes a um SAA requerem elevados investimentos e custos de exploração e manutenção pelo que se torna claro que é essencial, em termos de sustentabilidade económica da EG, ambiental mas também social cobrar tarifas aos consumidores. Apesar disso, um dos problemas com que as empresas do sector têm de lidar é com a inacessibilidade aos contadores pelo que se torna essencial o desenvolvimento de mecanismos legais mais simples que permitam uma rápida atuação neste tipo de situações, a par da obrigatoriedade das novas habitações terem o contador no seu exterior.

5.5 SÍNTESE DA METODOLOGIA PROPOSTA

Tanto a substituição do parque de contadores como a deteção de consumos ilícitos requer que seja implementada uma metodologia que abranja diversas áreas de atuação, pois só assim é possível a deteção de situações anómalas e a sua resolução.

De forma a atingir os objetivos estabelecidos dever-se-á seguir uma metodologia que tenha em consideração a idade dos contadores e a criatividade dos infratores aliadas. Contudo, dada a complexidade envolvida na identificação de situações anómalas, é necessário que se tenha disponível um conjunto de ferramentas e metodologias que possibilitem uma análise integrada destas temáticas. Para tal descreve-se, de seguida, a metodologia utilizada nesta dissertação

e que é passível de ser extrapolável para outros casos, recorrendo a determinadas ferramentas indispensáveis à concretização do estudo:

- SIG

A utilização destes sistemas permite a representação e análise geográfica dos dados em suporte digital, sendo possível a deteção de perdas de água por comparação dos volumes aduzidos à rede em meses homólogos.

- Leituras

As leituras reais obtidas pelos técnicos nas visitas às instalações são determinantes pois através de um conjunto de leituras recentes, é possível uma análise de consumos. Trata-se de uma parte muito importante do trabalho pois o sucesso desta metodologia está intimamente relacionado com a existência de leituras corretas que permitam calcular com rigor os consumos de água de cada cliente.

- Divisão de Consumos

Para se conseguir identificar consumos de água superiores ou inferiores ao expectável é necessária a determinação do consumo médio mensal por contador. Posteriormente, efetuando um divisão de consumos médios mensais faturados, obtêm-se os anómalos, ou seja, nulos ou reduzidos.

- Substituição do Parque de Contadores

A substituição dos contadores é a ação que deve suceder após a conclusão que estes se encontram em fim de vida, de forma a reduzir as perdas de água por sub-medição. Assim, é necessário que a base de dados dos sistemas da empresa esteja convenientemente atualizada, pois só desta forma é possível saber a data de instalação do contador e aferir a idade atual do mesmo.

- Suspensão do Fornecimento de Água

A suspensão do fornecimento de água é a ação que sucede de imediato após a deteção do ilícito, para assim garantir que o infrator não consuma água de forma indevida. Além deste facto, é também necessário que a base de dados dos sistemas da empresa esteja convenientemente atualizada, pois só desta forma é possível saber se o consumo é efetivamente ilícito.

6

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

6.1 CONCLUSÕES

As perdas aparentes de água apresentam um impacto bastante significativo no desempenho económico-ambiental de uma EG pelo que esta necessita de arranjar soluções para minimizar esse impacto e, se possível, atingir a melhor conjugação possível entre o custo das medidas de redução de perdas e o preço da água desperdiçada.

A metodologia adotada na presente dissertação permitiu a deteção de 405 contadores em fim de vida e 7 consumos ilícitos no SAA de Gaia. Este último valor corresponde a 2,88% do total de ilicitudes detetadas pelas equipas de suspensão de abastecimento de água e de leituras desde o início do ano até abril de 2015.

Do estudo de redução de perdas aparentes por substituição de contadores das duas ZMC, de um total de 1246 aparelhos analisados, 405 encontravam-se em fim de vida, o que representa 32,5% do parque de contadores. Estes casos detetados implicaram uma perda, por submedição, de água faturada de cerca de 2504 euros sendo que no entanto, a adoção desta medida acataria encargos na ordem dos 11175 euros pelo que não é no presente economicamente rentável para a EG. Contudo, a médio e longo prazo, a não substituição destes contadores produzirá uma significativa redução da água faturada da EG.

Através da divisão dos consumos médios mensais por classes, e detetados os anómalos, rapidamente se chegou à idade do contador pela data da instalação do mesmo. De seguida, de acordo com o diâmetro do mesmo e da legislação em vigor, foi possível aferir se este se encontrava ou não em fim de vida.

O desenvolvimento deste estudo permitiu ainda concluir que a adoção de procedimentos sistemáticos, em gabinete, de deteção de ilícitos apresenta um efeito dissuasor nos clientes com predisposição para cometer ilicitudes e, portanto, os efeitos a médio e longo prazo desta metodologia demonstraram ser promissores. Estes procedimentos permitem ainda otimizar as deslocações ao local para confirmar a existência de ilicitudes e, consequentemente, a rentabilização dos custos associados às deslocações.

A deteção destas situações torna-se assim vital para o aumento da faturação da EG e possui um impacto considerável na moralização dos clientes, no sentido em que evita que o número de clientes incumpridores aumente.

Os casos detetados com a presente dissertação implicaram um consumo indevido de água de cerca de 70 m³/cliente, o que corresponde a uma perda direta de receita por parte da EG de cerca de 174 euros por cliente. Este valor ultrapassou largamente os custos associados às deslocações ao terreno que perfizeram um total de cerca de 105 euros.

Concluiu-se que quase metade das ilicitudes identificadas correspondem a clientes com histórico de incumprimento, o que reforça a importância da EG acompanhar permanentemente os clientes incumpridores. A monitorização dos clientes com historial de ilícitos é essencial para a definição de estratégias de atuação sistemática que devem incluir, de forma integrada, outras medidas, designadamente, execuções fiscais ou injunções, verificações sistemáticas das instalações prediais, contraordenações e ações judiciais.

A deteção de ilícitos demonstrou contribuir para a redução das perdas aparentes do SAA, o que resulta num aumento da receita gerada pela EG. No entanto, a deteção de consumos ilícitos é apenas o ponto de partida, já que é essencial que exista a regularização da suspensão do abastecimento de água e que seja incutida uma cultura de cumprimento nos utilizadores que cometeram infrações. De notar que a possibilidade de reincidência não está descartada sendo, portanto, imperativo controlar os consumos ilícitos detetados, através de uma análise contínua do histórico de consumo dos clientes e de inspeções regulares à rede predial.

Contudo, importa ainda salientar que as implicações deste tipo de consumo não autorizado não se restringem ao aumento das perdas aparentes e à perda de receita pela EG. Estão também envolvidas questões éticas e sociais, na medida em que gera um sentimento de insatisfação nos clientes cumpridores, o que pode levar a que estes cometam também ilícitos.

Com o desenvolvimento deste trabalho prático conseguiu-se criar uma metodologia de deteção de contadores em fim de vida e outra de consumos ilícitos, ambas de reduzido investimento.

6.2 RECOMENDAÇÕES

Dadas a complexidade e dimensão do SAA da Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M.,S.A., não foi possível, durante o período limitado da dissertação, uma abordagem mais profunda das perdas aparentes.

Porém, surgiram ao longo do estudo, algumas ideias de melhoria na atuação a este tipo de perdas por parte da EG que não puderam ser implementadas devido ao tempo despendido na deteção de consumos anómalos.

O combate às perdas aparentes, principalmente as provocadas por consumos fraudulentos demonstra ser uma questão bastante complexa pelo que a EG deverá continuar a apostar na modernização constante do sistema de distribuição de água. Posto isto, apresentam-se de seguida diversas recomendações que esta poderia implementar no futuro:

- Continuação da implementação de totalizadores à entrada dos edifícios para comparação do volume de água fornecida ao prédio com os consumos individuais de cada um dos clientes de modo a detetar a existência de situações fraudulentas;
- Elaboração de estudos técnicos sobre a viabilidade económica de transferir os contadores do interior para o exterior da habitação dos clientes ou da sua substituição por contadores com telecontagem, uma vez que o acesso aos mesmos demonstra ser a principal dificuldade das

EG atualmente. Este problema impede a atuação das equipas de suspensão do abastecimento de água no caso de situações anómalas, podendo inclusive resultar numa diminuição de faturação de centenas de vezes superior. A espera da ordem do tribunal e da respetiva intervenção policial para retirar a ilicitude, o processo burocrático e a possibilidade de indeferimento da decisão por parte do juiz, desencoraja muitas EG a proceder à suspensão de abastecimento de água, o que conduz a perdas de receita.

- Criação de bases de dados com os clientes que já cometeram ilicitudes para que os consumos de água possam ser analisados periodicamente e para que sejam efetuadas visitas regulares à rede predial destas habitações;
- Desenvolvimento de eventos de consciencialização dos cidadãos para o uso correto das instalações prediais e para as consequências dos ilícitos nos utilizadores, com o intuito de incutir uma cultura de cumprimento na população;
- Melhoria da cooperação entre os diferentes departamentos da EG, por forma a facilitar a transferência de informações entre estes e reduzir os tempos de atuação que determinada medida necessita;
- Utilização de contadores de telecontagem sempre que possível pois permitem a deteção de situações como a adulteração do contador ou a retirada do mesmo, a partir do sistema de Telegestão. No entanto, nos casos em que a ilicitude não envolve o contador torna-se essencial uma análise multidisciplinar, que inclua a comparação do consumo de água do cliente com a média de uma típica família portuguesa, análise do histórico deste e a verificação do estado da rede predial;
- Finalizar a implementação das ZMC em toda a rede de abastecimento da cidade, concluindo assim uma das etapas no combate à ANF.

Por fim, salientar a crescente necessidade que os SAA têm de se adaptarem às novas tecnologias e aos novos modelos de gestão pois daqui reside o segredo para a sustentabilidade de uma EG. Para tal, a Empresa contará brevemente com um *Software* denominado por *Dashboard*, desenvolvido à medida das necessidades desta que permitirá, por exemplo, elaborar balanços hídricos automáticos, por reservatório, aferir o nível básico de perdas e inclusive associar o parque de contadores a cada reservatório.

BIBLIOGRAFIA

- Águas de Gaia, 2015. *Relatório e Contas 2014*. [Online] Available at: <http://www.aguasgaia.eu/pt/dados.php?ref=relatorios-e-contas>
- Águas e Parque Biológico de Gaia E.M., S.A., 2015. [Online] Available at: <http://www.aguasgaia.eu/pt/home.php>
- Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M, S.A., 2014. *Relatório e Contas 2014*, Vila Nova de Gaia: Águas e Parque Biológico de Gaia, E.M., S.A..
- Albuquerque, C., 2012. *On the Right Track - Good Practices in Realising the Rights to Water and Sanitation*. Lisboa: United Nations Special Rapporteur.
- Alegre, H., Coelho, S. T., Almeida, M. d. C. & Vieira, P., 2005. *Controlo de Perdas de Água em Sistemas Públicos de Adução e Distribuição*. s.l.:Instituto Regulador de Águas e Resíduos; Instituto da Água; Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
- Alegre, H., Hirner, W., Baptista, J. M. & Parena, R., 2004. *Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água*. s.l.:IRAR, LNEC.
- Antunes, M. J., 2013. *Código Penal – 20ª Edição*. s.l.:Coimbra Editora.
- APA, 2012. *Programa Nacional para o Uso Eficiente da Água - Implementação 2012-2020*. s.l.:Agência Portuguesa do Ambiente, I.P..
- APDA, 2012. *Guia de Contadores de Água*. s.l.:Associação Portuguesa de Distribuição e Drenagem de Água.
- APDA, 2014. *Ficha de Boas Práticas - Eficiência dos Sistemas de Abastecimento de Água: Perdas por Sub-medição*. s.l.:APDA.
- Arregui, F.J., Cabrera, E., Cobacho, R., García-Serra, J., 2006. *Reducing Apparent Losses Caused By Meters Inaccuracies*. London: IWA Publishing.
- Cardoso, A. P. P. M., 2013. *Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água através do Controlo Avançado de Pressão - Aplicação a um Subsistema da Cidade do Porto*. s.l.:Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Carvalho, H. R. F., 2014. *Redução de Perdas Reais de Água em Sistemas de Abastecimento de Água - Definição de Critérios para Delimitação de Zonas de Medição e Controlo*. Porto: Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Costa, A. C. A., 2014. *Redução das Perdas Reais num Sistema de Abastecimento Público de Água pela Gestão de Pressão*. Porto: Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.
- Covas, D., 2008. *Tema 5 - Gestão da Eficiência dos Sistemas Parte III: Controlo de Perdas de Água*. s.l.:Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa.

Diário da República, 1.^a série N.º 4, 5 de Janeiro de 2007 - , 2007. *Portaria n.º 21/2007 de 5 de Janeiro*. s.l.:s.n.

Diário da República, 1.^a série N.º 161, 20 de Agosto de 2009, 2009. *Decreto-Lei n.º 194/2009 de 20 de Agosto*. s.l.:Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Diário da República, 1.^a série, N.º 115, 16 de Junho de 2011, 2011. *Decreto-Lei n.º 71/2011 de 16 de Junho*. s.l.:Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento.

Diário da República, 1.^a série, N.º94, 23 de Abril de 1987, 1987. *Portaria n.º 331/1987 de 23 de Abril*. s.l.:s.n.

Diário da República, 1.^a série-A N.º 172, 26 de julho de 1996, 1996. *Lei nº23/96 de 26 de Julho*. s.l.:Assembleia da República.

Diário da República, 1.^a série-B N.º 194, 23 de Agosto de 1995 - Decreto Regulamentar nº23/95 de 23 de Agosto, 1995. *Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Pluviais*. s.l.:Ministério das Obras Públicas, Transportes e Comunicações.

Diário da República, 2.^a série N.º 1, 2 de janeiro de 2015, 2015. *Águas e Parque Biológico de Gaia, E. E. M. - Aviso n.º 23/2015 - Tarifário Mensal de Água para 2015*. s.l.:s.n.

Diário da República, 2.^a série N.º 131, 9 de Julho de 2009 - Regulamento n.º284/2009, 2009. *Águas de Gaia, E.M. - Regulamento dos Sistemas Públicos e Prediais de Abastecimento de Água e Drenagem e Tratamento de Águas Residuais do Município de Vila Nova de Gaia*. s.l.:s.n.

Directiva 2004/22/CE do Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia, 2004. s.l.:s.n.

EPAL, 2013. *Desenvolvimento e Implementação de um Sistema para a Gestão e Redução de Perdas de Água na Rede de Distribuição da EPAL*. s.l.:Empresa Portuguesa das Águas Livres, S.A..

ERSAR, 2012. *Relatório Anual do Setor de Águas e Resíduos em Portugal*. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.

ERSAR, 2013a. *Água Não Faturada nos Sistemas de Abastecimento Corresponde a 167 Milhões de Erros Anuais*. s.l.:Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.

ERSAR, 2013b. *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2013) Volume 1 – Caracterização geral do setor*, Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.

ERSAR, 2014a. *Encargos Tarifários dos Serviços de Águas e Resíduos para os Utilizadores Finais Domésticos em 2013*. s.l.:Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.

ERSAR, 2014b. *Relatório Anual dos Serviços de Águas e Resíduos em Portugal (2014) Volume 4 – Controlo da Qualidade da Água para Consumo Humano*. s.l.:Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.

ESRI Portugal (2013a). Obtido de www.esriportugal.pt/para-comecar/conceitos-basicos/o-que-sao-os-sig/ (acedido em maio de 2015).

ESRI Portugal (2013b). Obtido de www.esriportugal.pt/mercados/casos-de-estudo/utilities/aguas-gaia/ (acedido em maio de 2015).

Fallis, P. et al., 2011. *Guidelines for Water Loss Reduction – A Focus on Pressure Management..* Eschborn, Deutschland: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).

Farley, M., 2001. *Leakage Management and Control - A Best Practice Training Manual.* Suíça: World Health Organization.

Farley, M., 2003. *Non-Revenue Water – International Best Practice for Assessment, Monitoring and Control..* s.l.:IWA - Best Practice.

Farley, M. et al., 2008. *The Manager's Non-Revenue Water Handbook - A Guide to Understanding Water Losses.* s.l.:Niels van Dijk; Vivian Raksakulthai; Elizabeth Kirkwood.

Fernandes, J. M. C., 2014. *Redução das Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água - Definição de Critérios para Identificação de Consumos Fraudulentos.* s.l.:Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Gjinali, E. & Giantris, P. D., 2014. *Non-Revenue Water and Some Simple Economics for Developing Counties.* s.l.:Online International Interdisciplinary Research Journal, {Bi-Monthly}, ISSN2249-9598, Volume-IV, Nov 2014 Special Issue.

INE, 2012. *CENSOS 2011 Resultados Definitivos – Portugal.* Lisboa: Instituto Nacional de Estatística, I.P..

IWA, 2000. *The Blue Pages - Losses from Water Supply Systems Standard Terminology and Recommended Performance Measures.* s.l.:International Water Association.

Janz Contagem e Gestão de Fluidos, S.A., 2015. [Online] Available at: <http://www.cgf.janz.pt/portal/>

Jesus, G. R. d. & Polisel, K. C., 2000. *Redução de Perdas na Micromedição Através de Dispositivo Obstrutor Metálico.* s.l.:21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Lambert, A. & McKenzie, R., 2002. *Practical Experience in using the Infrastructure Leakage Index.* Reino Unido: International Water Data Comparisons Ltd.

Lédo, P. H. V., 1999. *Combate ao Roubo de Água – Uma Experiência no Sistema de Guanambi - BA.* Rio de Janeiro: 20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Lima, D. d. S., 2011. *Controlo de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água - Substituição de Conduções Sem Abertura de Vala.* Porto: Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

LNEC; ERSAR, 2013. *Guia de avaliação da Qualidade dos Serviços de Águas e Resíduos Prestados aos Utilizadores – 2.ª Geração do Sistema de Avaliação.* Lisboa: Laboratório Nacional de Engenharia Civil; Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos.

LNEC; IRAR, 2009. *Sistema de Avaliação da Qualidade dos Serviços de Águas e Resíduos Prestados aos Utilizadores*. s.l.:Instituto Regulador de Águas e Resíduos.

Loureiro, D., Álvares, A. & Coelho, S. T., 2007. *Aplicação de Sistemas de Telemetria Domiciliária em Sistemas de Distribuição de Água*. Barcelos: I Conferência INSSAA - Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água.

Malheiro, R. M. G., 2011. *Controlo de Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água com Utilização de Telecontagem*. s.l.:Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Martins, C. P. F., 2009. *Balanço Hídrico e Indicadores de Desempenho no Subsistema de Abastecimento de Água de São João de Lobrigos - Santa Marta de Penaguião*. Vila Real: Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Martins, J. P., 2014a. *Gestão de Perdas de Água – O Caminho da Eficiência à Excelência*. Lisboa: About Media.

Martins, J. P., 2014b. *Management of Change in Water Companies - In Search of Sustainability and Excellence*. s.l.:IWA Publishing.

Martins, M. R. V., 2007. *Regulação Económica no Sector das Águas - Promoção da Concorrência e Sustentabilidade Tarifária*. Coimbra: Dissertação para obtenção de grau de Doutor em Economia, Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra.

Matos, J. S., 2011. *Sistemas de Abastecimento de Água e Saneamento*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Matos, J. S. et al., 2012. *Disciplina de Saneamento do Mestrado Integrado de Engenharia Civil*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Medeiros, N. et al., 2007. *Concepção, Instalação e Exploração de Sistemas de Telemetria Domiciliária para Apoio à Gestão Técnica de Sistemas de Distribuição de Água*. Barcelos: I Conferência INSSAA - Modelação de Sistemas de Abastecimento de Água.

Mota, A. et al., 2012. *Plano de Gestão das Bacias Hidrográficas dos Rios Vouga, Mondego e Lis Integradas na Região Hidrográfica 4*. Lisboa: Agência Portuguesa do Ambiente (APA).

Mugeiro, J., Medeiros, N., 2008. *Novos Desafios e Soluções para a Gestão de Perdas em Sistemas de Abastecimento*. Lisboa: EPAL.

Mutikanga, H. E., 2012. *Water Loss Management – Tools and Methods for Developing Countries*. Holanda: Submitted in fulfilment of the requirements of the Board for Doctorates of Delft University of Technology and of the Academic Board of UNESCO-IHE Institute for Water Education for the Degree of Doctor .

Oliveira, F. M. R., 2013. *Redução de Perdas Reais em Sistemas de Abastecimento de Água - Otimização das pressões numa grande rede de distribuição de água – aplicação ao caso do Porto*. Porto: Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre

em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Pacheco, J. R. B. d. M., 2010. *Perdas em Sistemas de Abastecimento Público de Água. Uma Nova Abordagem com Base na Telemedição de Consumos Domésticos*. s.l.:Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

PEAASAR II, 2007. *Plano Estratégico de Abastecimento de Água e de Saneamento de Águas Residuais (2007-2013)*. Lisboa: Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.

Pereira, L. G., 2007. *Avaliação da Submedição de Água em Edificações Residenciais Unifamiliares: O Caso das Unidades de Interesse Social Localizadas em Campinas*. Campinas: Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

Pinto, P. H. F., 2011. *Contribuições Teóricas e Experimentais para Controlo das Perdas de Água em Redes de Distribuição - O caso do Concelho de Valongo*. Porto: Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de Mestre em Engenharia Civil - Especialização em Hidráulica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Quintela, A. d. C., 2011. *Hidráulica*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Rizzo, A., 2007. *Apparent Water Loss Control - The IWA Water Loss Task Force*. s.l.:WA-Water21.

SIGA, 2014. *Solução Integrada de Gestão de Água*. s.l.:s.n.

Silva, V. C. B., 2010. *Iniciando no Arcgis*. Belo Horizonte: Centro Universitário de Belo Horizonte - Departamento de Ciências Biológicas, Ambientais e da Saúde.

Sousa, E. R. d., 2001. *Saneamento Ambiental I - Sistemas de Distribuição de Água*. Lisboa: Instituto Superior Técnico.

Taborda, C., s.d. *Melhorar a Qualidade de Medição*. s.l.:EPAL, S.A..

Teixeira, J. R. S., 2014. *Redução das Perdas Aparentes em Sistemas de Abastecimento de Água através da Detecção e Controlo de Consumos Ilícitos*. Porto: Dissertação submetida para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

Universidade Federal de Alagoas, 2015. *CTEC - Centro de Tecnologia*. Obtido de www.ctec.ufal.br/professor/rsr/apostila-arcgis/Capitulo1_OQueEOArcGis.pdf (acedido em maio de 2015).

Yaniv, S., 2014. *Reduction of Apparent Losses Using the UFR (Unmeasured-Flow Reducer) – Case Studies*. IWA, Israel.

